

**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID**

**FACULTAD DE CIENCIAS GEOLÓGICAS**

**Departamento de Geodinámica**



**CONTRIBUCIÓN A LA CARACTERIZACIÓN GEOMÉTRICA DE  
LAS UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS QUE INTEGRAN EL  
SISTEMA DE ACUÍFEROS DE LA MANCHA ORIENTAL**

**MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR**

**PRESENTADA POR**

**David Sanz Martínez**

Bajo la dirección del doctor

**Pedro Emilio Martínez**

**Madrid, 2005**

**ISBN: 84-669-2802-2**



**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID  
FACULTAD DE CIENCIAS GEOLÓGICAS  
DEPARTAMENTO DE GEODINÁMICA**

**CONTRIBUCIÓN A LA CARACTERIZACIÓN  
GEOMÉTRICA DE LAS UNIDADES  
HIDROGEOLÓGICAS QUE INTEGRAN EL  
SISTEMA DE ACUÍFEROS DE LA MANCHA  
ORIENTAL**

**Autor**

**David Sanz Martínez**

**Director**

**Pedro Emilio Martínez Alfaro**

**MADRID, 2005**





## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar quisiera expresar mi más sincero agradecimiento de forma conjunta a todas aquellas personas y organismos que de uno u otro modo han facilitado, contribuido y apoyado la realización de este trabajo de investigación.

De forma muy especial a, D. Pedro Emilio Martínez Alfaro, director de esta Tesis Doctoral, consejero y guía, por su inestimable ayuda, su tiempo, sus conocimientos, y particularmente, por todo lo que humana y profesionalmente he tenido el placer de aprender trabajando a su lado.

A D. Andrés Carbó Gorosabel, por brindarme la oportunidad de participar en el proyecto de investigación en el que se ha llevado a cabo la realización de este trabajo.

A D. Santiago Castaño y D. Juan José Gómez-Alday, por su apoyo, consejos y por haberse implicado del modo en que lo han hecho para que esta Tesis Doctoral viera la luz.

Al Departamento de Geodinámica de la Universidad Complutense de Madrid por poner a mi disposición todo lo necesario para el desarrollo de este trabajo de investigación.

A la sección de Teledetección y SIG del Instituto de Desarrollo Regional perteneciente a la Universidad de Castilla-La Mancha, por ofrecerme los medios necesarios, así como, al apoyo de todos sus integrantes.

A la Junta Central de Regantes de la Mancha Oriental, en especial a su antiguo presidente D. Francisco Martín de Santa Olalla, a D. Pedro Olivas y D. Pedro Gómez, y a aquellos socios que amablemente cedieron sus explotaciones para la realización de los ensayos de bombeo.

Afectuosamente a M<sup>a</sup> Elvira, Pilar, M<sup>a</sup> Ángeles, Ona y a todos los compañeros que de algún modo han participado en este proyecto.

A todos mis amigos, a los que sería imposible nombrar de tantos como son, por apoyarme incondicionalmente en todo momento.

A mi familia, a los que están y a los que faltan, por ser como son y demostrarme su afecto en los buenos y malos momentos.

Dedico este trabajo de manera muy especial a mis padres, por su cariño, paciencia y ayuda, porque gracias a ellos he conseguido llegar hasta aquí.

Y a Lupe, sencillamente por todo, por estar siempre, y más aún, en este largo viaje.

**A todos, gracias**

# ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
1.1. Presentación	3
1.2. Situación geográfica y definición de la zona de estudio	3
1.3. Planteamiento y Objetivos	10
1.4. Antecedentes	12
1.5. Breve historia del uso de las aguas subterráneas del sistema hidrogeológico de la Mancha Oriental	25
<b>2. METODOLOGÍA</b>	<b>35</b>
2.1. Recopilación de datos y revisión bibliográfica	37
2.1.1. Inventario de puntos de agua	37
2.1.2. Datos climatológicos	39
2.1.3. Datos de hidrología superficial	39
2.2. Organización de la Información	40
2.3. Tratamiento de los datos	40
2.3.1. Geológicos/ Hidrogeológicos	40
2.3.2. Parámetros Hidráulicos	41
2.3.3. Piezometría	44
2.3.4. Precipitación e hidrología superficial	44
<b>3. GEOLOGÍA</b>	<b>47</b>
3.1. Introducción	49
3.2. Contexto geológico regional y evolución histórica	50
3.3. Litoestratigrafía del área de estudio	57
3.3.1. Triásico	61
3.3.2. Jurásico	64
3.3.3. Cretácico	70
3.3.4. Terciario	75
3.3.5. Cuaternario	80
3.4. Tectónica	81
3.5. Geomorfología	88

<b>4. ESTRUCTURA DEL SISTEMA HIDROGEOLÓGICO</b>	95
4.1. Introducción	97
4.2. Unidades Hidrogeológicas (UH) de la Mancha Oriental	101
4.3. Dominios Hidrogeológicos	116
<b>5. PARÁMETROS HIDRÁULICOS</b>	123
5.1. Introducción	125
5.2. Propiedades hidrodinámicas de las unidades hidrogeológicas acuíferas	135
<b>6. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA HIDROGEOLÓGICO</b>	157
6.1. Introducción	159
6.2. Evolución Piezométrica	160
6.2.1. Análisis de la evolución piezométrica en el Dominio Hidrogeológico Septentrional (DHS)	165
6.2.2. Análisis de la evolución piezométrica en el Dominio Hidrogeológico Central (DHC)	168
6.2.3. Análisis de la evolución piezométrica en el Dominio Hidrogeológico Meridional (DHM)	175
6.3. Relación río Júcar-sistema acuífero	180
6.4. Superficie piezométrica	187
6.4.1. Condiciones de contorno y flujo subterráneo	189
<b>7. RESUMEN Y CONCLUSIONES</b>	197
<b>8. BIBLIOGRAFÍA</b>	213
<b>9. ANEXOS</b>	
<b>ANEXO II. INVENTARIO PUNTOS DE AGUA Y FORMATO BASE DE DATOS</b>	
<b>ANEXO III. FOTOGRAFÍAS GEOLOGÍA</b>	
<b>ANEXO IV. UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS Y CORTES HIDROGEOLÓGICOS</b>	
<b>ANEXO V. ENSAYOS DE BOMBEO</b>	
<b>ANEXO VI. PLANOS DE ISOPIEZAS Y SECUENCIA DE PRECIPITACIONES</b>	

# ÍNDICE DE FIGURAS

## CAPÍTULO 1

<b>Figura 1.1.</b> Situación geográfica de la Unidad Hidrogeológica 08.29. Mancha Oriental.	4
<b>Figura 1.2.</b> Límites del sistema hidrogeológico de la Mancha Oriental.	8
<b>Figura 1.3.</b> Zonificación del área de estudio según IGME (1980a).	21
<b>Figura 1.4.</b> Zonificación del área de estudio según IGME (1988a).	22
<b>Figura 1.5.</b> Zonificación del área de estudio según CHJ (1999).	23

## CAPÍTULO 3

<b>Figura 3.1.</b> Mapa geológico regional y corte geológico Valdepeñas-Cullera.	51
<b>Figura 3.2.</b> Esquema paleogeográfico de la región levantina para el Cretácico. Tomado de Vilas <i>et al.</i> , 1982.	55
<b>Figura 3.3.</b> Columna estratigráfica sintética. Utilizada en el “Estudio Hidrogeológico Alto Júcar–Alto Segura”, IGME (1979). Modificada de (Fourcade, 1970).	58
<b>Figura 3.4.</b> Mapa Geológico simplificado. Sistema Hidrogeológico Mancha Oriental. Modificado IGME (1980).	59
<b>Figura 3.5.</b> Diagrama de correlación entre las unidades litoestratigráficas del formales definidas para el Jurásico de la Cordillera Ibérica (Goy <i>et al.</i> , 1976) y la terminología definida por (Fourcade, 1970), para el Jurásico del borde del Prebético externo, empleadas en (I.G.M.E., 1979a).	65
<b>Figura 3. 6.</b> Equivalencias entre las unidades litoestratigráficas del Cretácico del “Sistema Suroccidental Ibérico” (según Vilas <i>et al.</i> , 1982) y la nomenclatura del Prebético externo (Fourcade, 1970) usada en el “Estudio Hidrogeológico Alto Júcar–Alto Segura” (IGME, 1979).	71
<b>Figura 3.7.</b> Esquema de correlación y equivalencia entre las distintas unidades del Neógeno y Pleistoceno en la zona de estudio (I.G.M.E., 1988f).	76
<b>Figura 3.8.</b> Mapa topográfico del sistema hidrogeológico. (Alternancia de elevaciones-depresiones orientadas y jerarquizadas de forma no aleatoria).	89

## CAPÍTULO 4

<b>Figura 4.1.</b> Situación de los Cortes hidrogeológicos y dominios hidrogeológicos.	99
<b>Figura 4.2.</b> Plano de curvas de nivel del muro de la Unidad Hidrogeológica 7 (UH7), acuífero del Jurásico medio.	103
<b>Figura 4.3.</b> Plano de curvas de nivel del techo de la Unidad Hidrogeológica 7 (UH7), acuífero del Jurásico medio.	106
<b>Figura 4.4.</b> Plano de curvas de nivel del muro de la Unidad Hidrogeológica 3 (UH3), acuífero del Cretácico superior.	110
<b>Figura 4.5.</b> Plano de curvas de nivel del techo de la Unidad Hidrogeológica 3 (UH3), acuífero del Cretácico superior.	111
<b>Figura 4.6.</b> Plano de curvas de nivel del muro de la Unidad Hidrogeológica 2 (UH2), acuífero del Mioceno medio (UH2).	113
<b>Figura 4.7.</b> Plano de curvas de nivel del techo de la Unidad Hidrogeológica 2 (UH2), acuífero del Mioceno medio.	114

## CAPÍTULO 5

<b>Figura 5.1.</b> Situación de los puntos con parámetros hidráulicos y zonas de bombeo ensayadas según: unidad acuífera explotada y dominio hidrogeológico	131
<b>Figura 5.2.</b> Recta de regresión entre transmisividad y caudal específico para los puntos que explotan la unidad acuífera del Jurásico medio (UH7), situados en DHS y DHC (NO de la Línea de Fracturación Múltiple Alcaraz-Albacete).	137
<b>Figura 5.3.</b> Recta de regresión entre transmisividad y caudal específico para los puntos que explotan la unidad acuífera del Jurásico medio (UH7), situados en el dominio hidrogeológico Meridional (al SE de la Línea de Fracturación Múltiple Alcaraz-Albacete).	134
<b>Figura 5.4.</b> Frecuencias acumuladas relativas de los valores de transmisividad de la Unidad Hidrogeológica Acuífera del Jurásico medio (UH7) al NO de la L.F.M. (DHC y DHS). Número de datos 62.	139

<b>Figura 5.5.</b> Frecuencias acumuladas relativas de los valores de transmisividad de la Unidad Hidrogeológica Acuífera del Jurásico medio (UH7) al SE de la L.F.M. (DHM). Número de datos 82.	141
<b>Figura. 5.6.</b> Distribución cualitativa de los valores de transmisividad $\text{m}^2/\text{día}$ de la unidad acuífera del Jurásico medio (UH7). DHS: Dominio Hidrogeológico Septentrional, DHC: Dominio Hidrogeológico Central, DHM: Dominio Hidrogeológico Meridional. I: Bloque Salobral-Los Llanos, II: Bloque Moro-Nevazos, III: Bloque Pozocañada, IV: Bloque Montearagón-Carcelén.	144
<b>Figura 5.7.</b> Correlación entre transmisividad y caudal específico de la Unidad Hidrogeológica Acuífera del Mioceno medio (UH2). En (▪) los valores obtenidos mediante las pruebas de bombeo realizadas por el autor, en (●) los valores obtenidos durante la realización del inventario de puntos de agua.	148
<b>Figura 5.8.</b> Frecuencias acumuladas relativas de los valores de transmisividad de la Unidad Hidrogeológica Acuífera del Mioceno medio (UH2). Número de datos = 83.	149
<b>Figura 5.9.</b> Distribución espacial de la Transmisividad en la Unidad Hidrogeológica Acuífera del Mioceno medio (UH2).	152
<b>Figura 5.10.</b> Gráfica de las probabilidades asociadas al caudal específico para la Unidad Hidrogeológica de Terciario detrítico (UH1).	154

## CAPÍTULO 6

<b>Figura 6.1.</b> Situación de los puntos con evolución piezométrica según unidad acuífera explotada y dominio hidrogeológico. Situación de las estaciones pluviométricas y las estaciones de aforo.	163
<b>Figura. 6.2.</b> Evolución piezométrica de los piezómetros presentes en el Dominio Hidrogeológico Septentrional (DHS), que explotan las unidades acuíferas del Jurásico medio (UH7) y el Cretácico superior (UH3). Comparación con la secuencia de precipitaciones de la estación de Motilla del Palancar.	167



<b>Figura 6.3.</b> Evolución piezométrica de los puntos presentes en el Dominio Hidrogeológico Central (DHC), que explotan las unidades acuíferas del Jurásico medio (UH7), Cretácico superior, (UH3) y Mioceno medio (UH2). Comparación con la secuencia de precipitaciones de la estación de La Roda.	169
<b>Figura 6.4.</b> Evolución de los cultivos de regadío y los consumos de agua subterránea en la Mancha Oriental. Fuente: Junta Central de Regantes Mancha Oriental (López Fuster,1999 y Boletín informativo JCRMO, 2001).	171
<b>Figura 6.5.</b> Evolución piezométrica de los puntos de control situados en el entorno de los ríos Jardín y Lezuza. En naranja y amarillo los piezómetros que miden la Unidad Hidrogeológica del Terciario detrítico (UH1), en azul la Unidad Hidrogeológica del Jurásico medio (UH7). Comparación con caudales de los ríos Lezuza y Jardín.	174
<b>Figura 6.6.</b> Evolución piezométrica de los puntos de control presentes en el Dominio Hidrogeológico Meridional (DHM) Bloque Salobral-Los Llanos, que explotan la unidad acuífera del Jurásico medio (UH7). Comparación con la secuencia de precipitaciones de la estación de Albacete-Los Llanos.	177
<b>Figura 6.7.</b> Evolución piezométrica de los puntos situados en el Dominio Hidrogeológico Meridional (DHM) Bloque Moro–Nevazos y Bloque Pozocañada, que miden la unidad acuífera del Jurásico medio (UH7). Comparación con la secuencia de precipitaciones de la estación de Albacete-Los Llanos.	179
<b>Figura 6.8.</b> Evolución piezométrica de los puntos 777, 778 y 779 junto a la cota del fondo del río.	180
<b>Figura 6.9.</b> Evolución piezométrica de los puntos 780, 50 y 655 junto a la cota del fondo del río Júcar.	181
<b>Figura 6.10.</b> Evolución piezométrica de los puntos 658, 2508 junto a la cota del fondo del río.	182
<b>Figura 6.11.</b> Gráfica de los caudales diferenciales entre las estaciones de aforo consecutivas presentes en el Dominio Hidrogeológico Septentrional (DHS).	183
<b>Figura 6.12.</b> Evolución piezométrica de los puntos 2599, 2600, 2601, 2603, 657 y 659, junto a la cota del fondo del río.	184

**Figura 6.13.** Evolución piezométrica de los puntos 688, 689, 2604, 2605, 2608, 2609 y 2610, junto a la cota del fondo del río. 185

## **CAPÍTULO 7**

**Figura 7.1.** Modelo conceptual del sistema hidrogeológico de la mancha Oriental en régimen permanente (1975). 210

**Figura 7.2.** Modelo conceptual del sistema hidrogeológico de la mancha Oriental después de más de 20 años de explotación de las aguas subterráneas (2002). 212

## **ANEXO II**

**Figura 2.1.** Relaciones entre las diversas tablas de la base de datos.

**Figura 2.2.** Formulario tipo de la base de datos.

## **ANEXO IV**

**Figura 4.8.** Plano de situación de las columnas litológicas de los sondeos con valores del muro de la unidad acuífera del Jurásico medio (UH7).

**Figura 4.9.** Plano de situación de las columnas litológicas de los sondeos con valores del techo de la unidad acuífera del Jurásico medio (UH7).

**Figura 4.10.** Plano de situación de las columnas litológicas de los sondeos con valores del muro de la unidad acuífera del Cretácico superior (UH3).

**Figura 4.11.** Plano de situación de las columnas litológicas de los sondeos con valores del techo de la unidad acuífera del Cretácico superior (UH3).

**Figura. 4.12.** Plano de situación de las columnas litológicas de los sondeos con valores del muro de la unidad acuífera del Mioceno medio (UH2).

**Figura 4.13.** Plano de situación de las columnas litológicas de los sondeos con valores del techo de la unidad acuífera del Mioceno medio (UH2).

## **ANEXO V**

**Figura 5.11.** Situación de los pozos de bombeo y observación en la zona de ensayo 1. La situación de la zona de ensayo 1 se puede observar en la Figura 5.1 y su contexto geológico en la Figura 3.4 y Corte hidrogeológico 5; Anexo IV.

**Figura 5.12.** Localización del pozo de bombeo en la zona de ensayo 2. La situación de la zona de ensayo 2 se puede observar en la Figura 5.1 y su contexto geológico en la Figura 3.4 y Corte hidrogeológico 3; Anexo IV.

**Figura 5.13.** Localización del pozo de bombeo y de observación en la zona de ensayo 3. La situación de la zona de ensayo 3 se puede observar en la Figura 5.1 y su contexto geológico en la Figura 3.4 y Corte hidrogeológico 7; Anexo IV.

**Figura 5.14.** Esquema del funcionamiento de un bombeo ante un límite impermeable (Villanueva e Iglesias (1984), pág. 138).

**Figura 5.15.** Situación del pozo de bombeo en la zona de ensayo 4. La situación de la zona de ensayo 4 se puede observar en la Figura 5.1 y su contexto geológico en la Figura 3.4 y Corte hidrogeológico 12; Anexo IV.

## **ANEXO VI**

**Figura 6.14.** Plano de isopiezas del sistema hidrogeológico de la Mancha Oriental para abril de 1975.

**Figura 6.15.** Plano de isopiezas del sistema hidrogeológico de la Mancha Oriental para abril de 1982.

**Figura 6.16.** Plano de isopiezas del sistema hidrogeológico de la Mancha Oriental para abril de 1988.

**Figura 6.17.** Plano de isopiezas del sistema hidrogeológico de la Mancha Oriental para abril de 1996.

**Figura 6.18.** Plano de isopiezas del sistema hidrogeológico de la Mancha Oriental para abril de 2000.

**Figura 6.19.** Plano de isopiezas del sistema hidrogeológico de la Mancha Oriental para abril de 2002.

**Figura 6.20.** Precipitación mensual media en la zona de estudio.

**Figura 6.21.** Desviaciones acumuladas y precipitación. Estación Motilla de Palancar (Nº 08155). Periodo 1946/47 – 1999/00.

**Figura 6.22.** Desviaciones acumuladas y precipitación. Estación Minglanilla (Nº 08252). Periodo 1946/47 – 1999/00.

**Figura 6.23.** Desviaciones acumuladas y precipitación. Estación La Roda (Nº 08152). Periodo 1946/47 – 1999/00.

**Figura 6.24.** Desviaciones acumuladas y precipitación. Estación Villagarcía del Llano (Nº 08161). Periodo 1946/47 – 1999/00.

**Figura 6.25.** Desviaciones acumuladas y precipitación. Estación Albacete-Los Llanos (Nº 08175). Periodo 1946/47 – 1999/00.

**Figura 6.26.** Desviaciones acumuladas y precipitación. Estación Bonete (Nº 07268). Periodo 1946/47 – 1999/00.

## ÍNDICE DE TABLAS

### CAPÍTULO 1

<b>Tabla 1.1.</b> Resumen de las delimitaciones, según los estudios, en el marco del Sistema hidrogeológico de la Mancha Oriental.	5
--	---

### CAPITULO 5

Tabla 5.1. Número de datos sobre Parámetros Hidráulicos en cada unidad hidrogeológica (UH).	127
<b>Tabla 5.2.</b> Magnitud de la Transmisividad según (Krásný, 1993).	129
<b>Tabla 5.3.</b> Variabilidad de la Transmisividad en distintos medios hidrogeológicos, según (Krásný, 1993).	129
<b>Tabla 5.4.</b> Valores medios de los parámetros hidráulicos de cada unidad hidrogeológica acuífera.	155

### ANEXO II

<b>Tabla 2.1.</b> Inventario de puntos de agua. Fuentes de información y tipos de datos.	
<b>Tabla 2.2.</b> Inventario de puntos de agua. Cuantificación de los tipos de datos.	

### ANEXO V

<b>Tabla 5.5.</b> Resultados obtenidos en la prueba 1 de la zona de ensayo 1.	
<b>Tabla 5.6.</b> Resultados obtenidos en la prueba 2 de la zona de ensayo número 1.	
<b>Tabla 5.7.</b> Resultados obtenidos en la prueba 3 de la zona de ensayo número 1	
<b>Tabla 5.8.</b> Resultados obtenidos en la prueba de bombeo del ensayo número 2.	
<b>Tabla 5.9.</b> Resultados obtenidos en la prueba de bombeo, zona de ensayo 3.	
<b>Tabla 5.10.</b> Resultados obtenidos en la prueba de bombeo, zona de ensayo 4.	

# **1. INTRODUCCIÓN**

---



## 1.1. Presentación

La presente Tesis Doctoral se ha llevado a cabo en el Departamento de Geodinámica de la Universidad Complutense de Madrid (UCM) y en el Instituto de Desarrollo Regional de Albacete (IDR), perteneciente este último a la Universidad de Castilla-La Mancha (UCLM).

La investigación se ha desarrollado en el marco de un proyecto CICYT de referencia 1FD97-1377, titulado “Diseño de un Sistema de Información Hidrológico del acuífero 08.29. (Mancha Oriental)” durante el inicio de la investigación. Posteriormente, dicha investigación fue financiada mediante el convenio de colaboración entre la Confederación Hidrográfica del Júcar (CHJ) y la UCM para el “Apoyo en la definición de la geometría y de las propiedades hidrodinámicas en la Unidad Hidrogeológica 08.29. (Mancha Oriental)”.

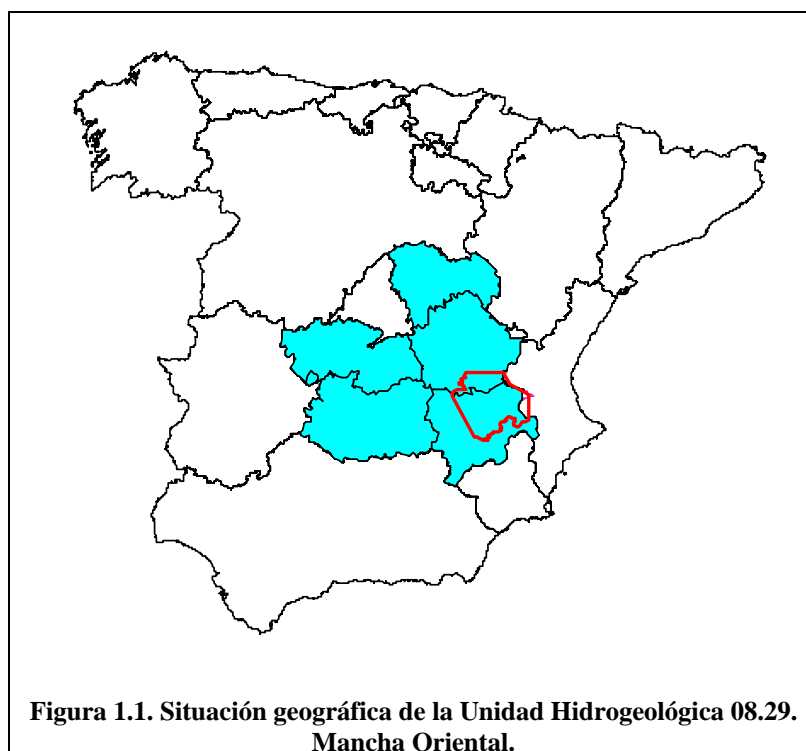
## 1.2. Situación geográfica y definición de la zona de estudio

La Unidad Hidrogeológica 08.29 Mancha Oriental, (**U.H. 08.29, RDPH**)<sup>1</sup>, según la delimitación realizada por DGOH-IGME (1988g) y establecida en el Plan Hidrológico de la Cuenca del Júcar (CHJ, 1997), (Anexo I del texto publicado en el B.O.E. nº 205, de 27/08/1999), está situada en el extremo oriental de la llanura manchega con una extensión de unos 7.600 Km<sup>2</sup>. El 93 % de la superficie pertenece a Castilla-La Mancha (Cuenca 21 % y Albacete 72 %) y el 7 % restante a Valencia (Figura 1.1.).

---

<sup>1</sup> En el Reglamento del Dominio Público Hidráulico (Real Decreto 849/1986) se cita textualmente “Por Unidad Hidrogeológica se entiende uno o varios acuíferos que se agrupan a efectos de conseguir una administración racional y eficaz del agua”. La definición de estas unidades se ha realizado en los Planes Hidrológicos de Cuenca (PHC), en cumplimiento de lo indicado en el artículo 2.2 del Reglamento de la Administración Pública del agua y de la Planificación Hidrológica (RAPAPH).





**Figura 1.1. Situación geográfica de la Unidad Hidrogeológica 08.29. Mancha Oriental.**

El límite N es el paralelo que discurre entre los embalses de Alarcón y Contreras. Al E y SE lo limitan los afloramientos diapíricos impermeables del Triásico. Por el S queda delimitada por la divisoria hidrográfica Júcar-Segura. Al O limita con la subunidad Jardín-Lezuza (08.30), de 1.400 Km<sup>2</sup> y que descarga en él a través de los ríos Lezuza y Jardín. El límite NO es la divisoria hidrológica Júcar-Guadiana (Figura 1.2).

Según Castaño (1999), la diversa problemática de algunos de estos límites y su significado o entidad a la hora de abordar planteamientos de gestión conjunta de aguas, han hecho que se hayan manejado entidades superficiales muy diversas a lo largo de los años por las diferentes administraciones, como se puede observar en la Tabla 1.1.

REFERENCIA	DENOMINACIÓN	SUPERFICIE Km2	DELIMITACION				
			LIMITE N	LIMITE NO	LIMITE O-OS	LIMITE S-SE	LIMITE E
IGME (1971)	SUBUNIDAD TOBARRA - ALBACETE	4.840	RIO JÚCAR	ARBITRARIO TRANSVERSAL AL RIO JÚCAR	ISOPIEZA DE 700 m	LÍAS MARGOSO	TRIÁSICO
IGME (1979)	UNIDAD DE ALBACETE	8.500	PARALELO PRESAS ALARCON - CONTRERAS	DIVISORIA SUPERFICIAL JÚCAR - GUADIANA	LÍAS MARGOSO	TRIÁSICO	IDEM
IGME (1980)	SISTEMA HIDROGEOLÓGICO DE ALBACETE (MANCHA ORIENTAL)	8.500	IDEM	IDEM	IDEM	IDEM	IDEM
IGME (1985a)	SISTEMA HIDROGEOLÓGICO DE ALBACETE	8.500	IDEM	IDEM	IDEM	IDEM	IDEM
IGME (1985b)	SISTEMA AC.18: SUBSISTEMA MANCHA ORIENTAL	8.500	IDEM	IDEM	IDEM	IDEM	IDEM
DGOH - IGME (1988)	UH 08.29 MANCHA ORIENTAL	7.600	IDEM	IDEM	LÍAS MARGOSO (LÍNEA RECTA)	CUENCA CERRADA POZOHONDO Y CORRALRUBIO	IDEM
DGOH (1988)	IDEM	9.100	SUBCUENCA RIOS VALDEMEMBRA LEDAÑA	ARBITRARIO EMBALSE ALARCON VILLARROBLE.	LÍAS MARGOSO	TRIASICO	RIO CABRIEL TRIASICO
IGME (1989)	SISTEMA AC.18: SUBSISTEMA MANCHA ORIENTAL	7.600	PARALELO PRESAS ALARCON CONTRERAS	DIVISORIAS JÚCAR - GUADIANA	LÍAS MARGOSO (LÍNEA RECTA)	LÍAS MARGOSO	TRIASICO
DGOH (1993)	UH 08.29 MANCHA ORIENTAL	9.100	IDEM	IDEM	LÍAS MARGOSO	DIVISORIA SUPERFICIAL JÚCAR - SEGURA	RIO CABRIEL TRIASICO
ITGE (1997)	IDEM	7.600	IDEM	IDEM	LÍAS MARGOSO (LÍNEA RECTA)	IDEM	TRIASICO
CAMA - ITGE (1997a)	IDEM	7.600	IDEM	IDEM	IDEM	IDEM	IDEM
CAMA - ITGE (1997b)	IDEM	7.600	IDEM	IDEM	IDEM	IDEM	IDEM

**Tabla 1.1. Resumen de las delimitaciones establecidas en diferentes estudios en el marco del Sistema hidrogeológico de la Mancha Oriental. Modificado de (CHJ, 1999).**

La existencia de límites abiertos en el perímetro definido por el PHJ (B.O.E. nº 205) y no bien definidos hidrogeológicamente llevan a la CHJ a proponer una remodelación del contorno. El nuevo perímetro propuesto es el resultado del estudio “Convenio para actuaciones de apoyo a la gestión hídrica en la Unidad Hidrogeológica 08.29 Mancha Oriental”(CHJ., 1999) (Figura 1.2).

Aunque consideramos válido el nuevo perímetro propuesto por la CHJ en este estudio y que posteriormente analizaremos, se nos plantea la necesidad de aclarar lo que en esta

Tesis Doctoral se conceptúa como unidad hidrogeológica y sistema hidrogeológico, en comparación con la definición del término unidad hidrogeológica dado por la CHJ.

A nuestro parecer, se puede definir unidad hidrogeológica como aquella formación geológica diferenciada de otras que se encuentran en un mismo conjunto y, que presenta especial importancia en cuanto a extensión y magnitud. De esta manera se diferencia cada unidad hidrogeológica en función de su capacidad de almacenar y transmitir agua en cantidades apreciables (Acuífero, Acuitardo, Acuífugo). Por otro lado, al conjunto de estas unidades hidrogeológicas que presentan una extensión limitada hidrogeológicamente, lo denominaremos sistema hidrogeológico.

Si comparamos las dos definiciones propuestas sobre el concepto de unidad hidrogeológica, se observa que aquello que en el **RDPH** se define como tal unidad, nosotros lo denominamos sistema hidrogeológico, y que en el marco de dicho sistema, se engloban un conjunto de unidades que se diferencian por sus características hidrogeológicas, a las que en esta Tesis Doctoral denominaremos unidades hidrogeológicas.

La elección del nuevo perímetro se basa en las características hidrogeológicas del medio quedando de la siguiente manera (Figura 1.2):

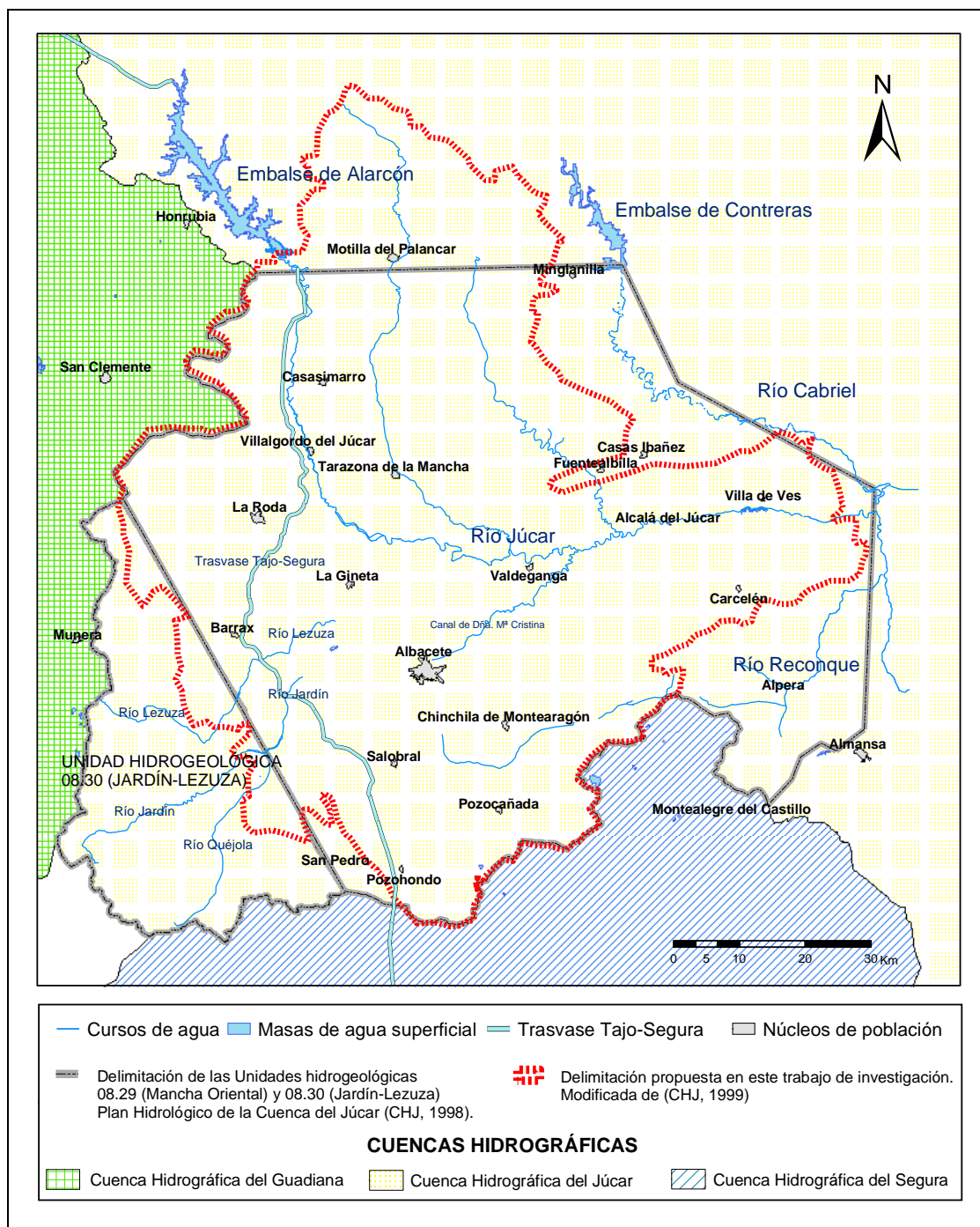
- ❑ Límite N: límite abierto sin criterios hidrogeológicos-hidrológicos que pasa a englobar las cabeceras del río Valdemembra, el arroyo Ledaña y afluentes del Júcar por la margen izquierda. En este sentido se amplía la zona de recarga del acuífero Cretácico en unos 690 Km<sup>2</sup> (CHJ., 1999).
- ❑ Límite NE: en principio dicho límite englobaba la cuenca vertiente al río Cabriel aunque este río vertiera sus aguas al Júcar en el límite del sistema hidrogeológico. Ante esta situación, existía la problemática de cuantificar en más extensión el flujo del agua subterránea y superficial entre ambos. Para ello, el nuevo límite propuesto consiste en delimitar la divisoria de aguas entre el

Júcar y el Cabriel por donde el flujo existente tanto a nivel subterráneo como superficial es nulo.

Es de destacar que en el informe de la CHJ. (1999), no se contempla como límite del sistema los afloramientos diapíricos de Casas Ibáñez. En la Figura 1.2 se observa una alineación de estos materiales, la cual se introduce en el sistema de forma paralela al río Júcar.

- Límite SE: En esta zona se incorpora al sistema hidrogeológico de la Mancha Oriental una parte importante de la cuenca vertiente del río Reconque, siendo los aportes de esta zona recibidos desde fuera del sistema. Por tanto el informe aconseja desplazar el límite hasta la divisoria de la subcuenca del río Reconque. Respecto a los demás límites se mantiene el criterio del PHJ (B.O.E nº 205) con algunas apreciaciones reflejadas en el estudio de la Confederación.
- Límites NO y S: El actual límite NO del sistema es la divisoria de aguas superficiales entre el río Guadiana y el río Júcar, la cual no coincide con la divisoria de las aguas subterráneas. En este caso existen dos opciones: o bien, calcular el flujo entrante a partir de la piezometría, o colocar adecuadamente la divisoria de aguas subterráneas. Para la delimitación física se ha optado por situar como límite la divisoria de aguas superficiales debido a su carácter estático. Este límite se ha documentado ampliamente en (Llamas y García-Rodríguez, 1995). En el Capítulo de piezometría se observa como la divisoria de aguas subterráneas se desplaza unos 10 km hacia la Mancha Occidental. Es de destacar que esta divisoria varía en el tiempo. Respecto al límite S ocurre lo mismo, siendo el límite del sistema la divisoria superficial entre la cuenca del río Segura y el Júcar.
- Límite SO: La mayoría de los estudios recogen este límite como una línea recta, cuando en realidad el alineamiento de los materiales arcillosos de baja permeabilidad no es lineal. La ubicación de esta traza supone una disminución de la recarga según I.G.M.E. (1988a) de unos 2 hm<sup>3</sup>/año. En este estudio se han

digitalizado los afloramientos impermeables quedando el límite como se observa en la Figura 1.2.



**Figura 1.2. Delimitación oficial de la Unidad hidrogeológica 08.29 Mancha Oriental según el Plan Hidrológico del Júcar y delimitación propuesta en esta investigación del Sistema Hidrogeológico de la Mancha Oriental, modificado de CHJ (1999).**

Geomorfológicamente, el sistema hidrogeológico de la Mancha Oriental se caracteriza por la presencia de un extenso llano en la zona central (llanura de Albacete-Cuenca) de 700 m.s.n.m. de altitud media. Se encuentra bordeado por suaves relieves que, paralelamente a la tectónica, van aumentando su complejidad hacia el exterior de la zona.

Hidrográficamente, la mayor parte del sistema pertenece a la cuenca del Júcar y su afluente el Cabriel, que lo atraviesan por su parte N. El cauce más importante que atraviesa la región (río Júcar), apenas deja recursos en el sistema de forma artificial. Los demás cauces fluviales son poco importantes en cuanto a su caudal y periodos de funcionamiento. La comarca está atravesada por el Acueducto Tajo-Segura, y en ella se encuentran los embalses de Alarcón y Contreras, dos elementos básicos en la regulación del río Júcar.

El área de estudio tiene un clima templado mediterráneo casi continental, suele caracterizarse por veranos muy secos, con precipitaciones en primavera en el sector occidental y en otoño en el sector oriental, siendo escasas en invierno. La continentalidad se deja notar con veranos calurosos (temperaturas medias mensuales de 22°C) e inviernos fríos (temperaturas medias mensuales de 6° C) con importantes oscilaciones diarias ([www.albacete.org](http://www.albacete.org)).

La precipitación media es de 350 mm/año, variando de 280mm/año en la zona S y 550mm/año en la N. Los años más secos la precipitación media fue del orden de 150mm/año (muy habitual), y 750mm/año los años húmedos. Cabe destacar el grado de insolación en el sistema con más de 2.800 horas de sol al año.

El sistema hidrogeológico se puede considerar como un acuífero multicapa formado por la superposición de varias unidades acuíferas de naturaleza diversa (I.G.M.E., 1980a). En el Capítulo 4 se analizarán y definirán convenientemente estas unidades acuíferas.

### 1.3. Planteamiento y Objetivos

Durante los últimos 30 años del siglo XX la llanura de la Mancha Oriental sufrió una transformación que afectó de manera determinante a la socioeconomía de la provincia de Albacete y parte de la provincia de Cuenca. La transformación fue debida al desarrollo del regadío mediante la explotación de las aguas subterráneas existentes en el subsuelo de la región (López Fuster, 2000).

Con la llegada de la Ley de Aguas de 1985 el desarrollo de los cultivos de regadío se dispara y como consecuencia, el consumo de aguas subterráneas. Esta situación da lugar a que en muchos casos la explotación de las reservas del acuífero se realice por encima de su capacidad de recarga. Este hecho se ha traducido en un descenso acusado de los niveles piezométricos que a medio plazo pueden llevar al agotamiento del recurso (Martín de Santa Olalla, 1997).

Las primeras investigaciones sobre las aguas subterráneas de Albacete y alrededores fueron realizadas por el Instituto Geológico y Minero a principio de los años 70 y continuadas en el tiempo con servicios de asesoramiento y gestión del propio IGME hasta mediados de los 80 (CHJ., 1999). A partir de entonces los trabajos de investigación tienen por finalidad el seguimiento del sistema hidrogeológico y su predicción de futuro, siendo el órgano planificador y gestor la Confederación Hidrográfica del Júcar.

A mediados de los años 80 se empieza a reducir entre un 20–25 % el consumo de aguas subterráneas para el riego de los cultivos más emblemáticos de la región, gracias al Instituto Técnico Agronómico Provincial (ITAP) que pone en funcionamiento su Servicio de Asesoramiento de Riegos (SAR), contribuyendo a una mayor eficiencia en la irrigación (López Fuster, 2000).

En la última década del siglo XX, se crea la Junta Central de Regantes de la Mancha Oriental (JCRMO), que en 1999 se convierte en órgano gestor del sistema hidrogeológico al delegar en ella la CHJ estas competencias.

El principal objetivo de JCRMO es el de realizar planes de explotación para el acuífero. Varios agentes como regantes, economistas, agrónomos, hidrogeólogos e instituciones de la Comunidad Autónoma deben llegar a un acuerdo a partir de informes técnicos para implantar las restricciones en el uso del agua subterránea sin que exista declaración de sobreexplotación.

Aún así, la utilización de los recursos subterráneos, más de 400hm<sup>3</sup>/año, cuantificados mediante teledetección por el (IDR) desde mediados de los años 90, está llevando a descensos de los niveles del agua subterránea de forma alarmante. Los estudios realizados hasta la fecha han puesto de manifiesto la existencia de una serie de problemas, consecuencia de la compleja tectónica que afecta a los materiales que constituyen el acuífero. Estos problemas se pueden concretar según Castaño (1999) en:

- A) Un desconocimiento de la geometría del acuífero, tanto horizontal como vertical, así como las condiciones de contorno y las relaciones entre sus diferentes partes.
- B) Un deficiente conocimiento del sistema de flujo de las aguas subterráneas, su capacidad de transmitir y almacenar agua, y la disponibilidad del recurso.
- C) La falta de estudios espacio-temporales con objeto de cuantificar los diferentes elementos de recarga del sistema hidrogeológico.

Es por ello que la finalidad de este trabajo de investigación sea la de determinar el funcionamiento hidrogeológico del sistema. Los objetivos planteados en esta investigación son los siguientes:

- Realizar un análisis de la litoestratigrafía, tectónica y geomorfología de la zona de estudio con objeto de redefinir las distintas Unidades Hidrogeológicas (UHs), en función de su capacidad de almacenar y de transmitir agua, agrupándolas en Acuíferas, Acuitardas y Acuífugas. Por otro lado, establecer las correspondientes condiciones de contorno y las relaciones entre dichas unidades.



- ❑ Determinar la geometría del sistema hidrogeológico tanto horizontal como vertical, así como, las relaciones entre sus diferentes partes (Dominios Hidrogeológicos (DHs)).
- ❑ Cuantificar y distribuir las propiedades hidrodinámicas (Transmisividad y Coeficiente de almacenamiento) de las diferentes UHs.
- ❑ Determinar la evolución piezométrica en las UHs en el marco de los DHs establecidos, en relación con la recarga por precipitación de agua de lluvia e infiltración de aportes procedentes de los ríos, y las extracciones de aguas subterráneas para regadíos.
- ❑ Establecer el sistema de flujo de las aguas subterráneas en el espacio y el tiempo, a partir de la representación de los planos de isopiezas y del comportamiento hidrogeológico existente entre el sistema acuífero y el río Júcar.

#### **1.4. Antecedentes**

Para poder contextualizar el objeto de estudio de esta Tesis Doctoral hemos considerado importante reseñar, aunque sea someramente, los antecedentes históricos-bibliográficos del sistema hidrogeológico de la Mancha Oriental.

El sistema hidrogeológico de la Mancha Oriental fue objeto de especial atención por parte de la Administración del Estado a comienzos de la década de los años setenta, realizándose por parte del Instituto Geológico y Minero (IGME), el Instituto para la Reforma y Desarrollo Agrario (IRYDA), y el Servicio Geológico del Ministerio de Obras Públicas (SGOPU), diversos estudios de carácter más bien general encaminados a cuantificar los recursos hidráulicos subterráneos para poder posteriormente planificar su gestión, todo ello en el marco del programa PIAS (Plan Nacional de Investigación de las Aguas Subterráneas). La relación de los trabajos más significativos desarrollados por estos organismos y que son citados a lo largo del texto figuran en la bibliografía

que acompaña a este trabajo de investigación. Gran parte de ellos son informes de carácter interno no publicados.

Se puede decir que la recopilación de los antecedentes históricos-bibliográficos del potencial hidrológico de la Mancha Oriental comienza en 1969 con el trabajo “Estudio preliminar de los recursos hidráulicos totales de la zona de la Mancha”, realizado por el SGOPU. A partir de este estudio comienza un largo camino para evaluar los recursos y las reservas de las aguas subterráneas de la región con el fin de estudiar sus posibilidades reales y económicas de explotación. Los primeros resultados se plasman en el denominado “Estudio hidrogeológico de la comarca Cazorla-Hellín-Yecla” (SGOPU., 1971) y con posterioridad, en el informe “Estudio Hidrogeológico Alto Júcar–Alto Segura” (IGME., 1979).

Posteriormente, los estudios realizados dejan de tratar el tema de un modo general para pasar a profundizar en temas más específicos. Una recopilación de la mayoría de los trabajos se encuentra en el informe sin publicar, titulado “Convenio para actuaciones de apoyo a la gestión hídrica en la Unidad Hidrogeológica 08.29. Mancha Oriental” realizado por la CHJ y el IGME en 1999.

El enfoque a la hora de exponer los antecedentes bibliográficos es hacerlo en función de los puntos de vista desde los cuales se ha abordado el trabajo expuesto en esta Tesis Doctoral. En primer lugar, desde el punto de vista geológico, la litoestratigrafía y la tectónica. En segundo lugar, sobre la base de la hidrogeología, las condiciones de contorno y la estructura tridimensional de las diferentes unidades hidrogeológicas que conforman el sistema acuífero. En tercer lugar, en relación a la distribución de las propiedades hidráulicas de los materiales acuíferos y por último, respecto al funcionamiento hidrogeológico del sistema. La revisión de la cartografía geológica de la serie MAGNA realizada por el IGME (ver Bibliografía) ha servido como punto de partida para el análisis realizado en esta memoria.

## *Geología*

### ▪ **Litoestratigrafía**

En lo que se refiere al Triásico, y siguiendo una sucesión cronológica de los estudios realizados, hay que destacar los trabajos de Ortí Cabo (1974) en todo el SE español. También se han analizado los estudios efectuados por los autores de las hojas geológicas de la serie Magna nº 744, 743, y 745 (I.G.M.E., 1979c, 1980b, c), y los realizados por Villar García (1989) y Sopeña *et al.* (1990) en los afloramientos Triásicos de Alpera y Montealegre del Castillo.

Respecto a los materiales del Jurásico hay que hacer referencia a la Tesis Doctoral de Fourcade (1970), que define las unidades litoestratigráficas del Jurásico para el Prebético Externo. De gran interés son los trabajos de Jerez Mir (1971, 1973) y Rodríguez Estrella (1979, 1981) para la zona Prebética y los efectuados para la zona Ibérica por Goy *et al.* (1976) y Gómez y Goy (1979), definiendo estos últimos las unidades litoestratigráficas jurásicas para la Rama Castellana de la Cordillera Ibérica. Todas estas investigaciones son ampliadas convenientemente en los informes de carácter hidrogeológico tales como (I.G.M.E., 1971, 1979a, 1988a; I.R.Y.D.A., 1993).

El Cretácico en la zona de estudio se ha investigado por numerosos autores. Siguiendo un orden cronológico, en primer lugar se destaca la Tesis Doctoral de Fourcade (1970) que define las unidades litoestratigráficas del Cretácico en el Prebético. En segundo lugar, se distinguen los estudios de García Abbad (1975, 1979) en los alrededores del pantano de Alarcón y los enlaces meridionales Altomira-Ibérica, el de Linares Girela y Rodríguez Estrella (1975) en la zona de confrontación de las dos cordilleras, y el realizado por Arias (1978) sobre el tránsito Jurásico-Cretácico.

Posteriormente, aparecen estudios sobre el Cretácico en el sector más meridional de la zona de estudio, como los de Arias *et al.* (1979), Arias y Vilas (1982) y Rodríguez Estrella (1982), y en el sector septentrional, el realizado por Vilas *et al.* (1982). En este último trabajo, se definen las unidades litoestratigráficas del Cretácico para la Cordillera

Ibérica y sus equivalencias con el Prebético. También es de resaltar el trabajo realizado por Aracil Avila (1990) sobre los litosomas cretácicos del subsuelo de Albacete, o ensayos más generales, como el de Vilas (1990). Además de esta información bibliográfica básica, se han utilizado la memoria de las hojas geológicas de la serie Magna presentes en la zona de estudio y los datos aportados por estudios hidrogeológicos como (I.G.M.E., 1971, 1979a, 1988a; I.R.Y.D.A., 1993).

Respectos a los materiales Terciarios de la cuenca del Júcar y zonas limítrofes son destacables los trabajos de Robles (1970), Calvo (1978) y Pérez González (1982). Estos estudios revelan el problema de una cronoestratigrafía detallada que es solventada por Santos García (1975, 1984). Este autor, en su Tesis Doctoral, establece cuatro Unidades Tectosedimentarias, en adelante UTS, para acabar de este modo con el problema de las dataciones no necesariamente isócronas de los materiales Terciarios. Los autores de las hoja geológicas Magna nº 717, 742, 765, 790 (I.G.M.E., 1988b, c, e, f) recogen de forma resumida estas investigaciones.

Para los materiales cuaternarios Pérez González (1970, 1982) escribió el estudio más completo sobre la Llanura Manchega recogido en las hojas Magna nº 741 (I.G.M.E., 1978a) y 740 (I.G.M.E., 1977).

#### ▪ **Tectónica**

Dado que el área investigada se encuentra en la zona de confrontación de la cordillera Ibérica y Bética, sería complicado agrupar todos los estudios relacionados con las dos cordilleras. De una forma resumida, se exponen a continuación los trabajos más relevantes que se han utilizado como base para explicar la estructura tectónica de la zona de estudio.

En lo referente al área geográfica relacionada con las estribaciones de la cordillera Ibérica destacan los trabajos, entre otros, de García Abbad (1979), Arias *et al.* (1979), Vilas *et al.* (1982) y Gutiérrez Elorza y Peña Monné (1989). También son reseñables los estudios tectónicos realizados y recogidos en los informes hidrogeológicos

“Investigación hidrogeológica de la cuenca alta de los ríos Júcar y Segura” (I.G.M.E., 1979a) y “Estudio hidrogeológico de la Manchuela” (I.R.Y.D.A., 1993).

Para un mejor conocimiento del dominio Prebético en la zona de estudio se ha recurrido a los trabajos de Jerez Mir (1973), Rodríguez Estrella (1979, 1981, 1982), Aracil Avila y Vilas (1987), Goy y Zazo (1989) y Martín Velázquez *et al.* (1998). Diversos organismos con financiación estatal han contribuido al conocimiento de esta zona con diversas investigaciones como “Estudio Hidrogeológico de la comarca Cazorla-Hellín–Yecla” (I.G.M.E., 1971), o “Investigación hidrogeológica de la cuenca alta de los ríos Júcar y Segura” (I.G.M.E., 1979a).

En lo que se refiere a la zona de confrontación de las dos cordilleras, se subrayan por un lado, los estudios realizados en la región de Campo de Montiel por Montero González, (1994), Rincón y Vegas (1999) y Rincón *et al.* (2001). El macizo de Carcelén-Montearagón fue ampliamente investigado por Quesada *et al.* (1967) y por los autores de las hojas geológicas (I.G.M.E., 1978b, 1981b). En la llanura de Albacete-Cuenca la mayoría de las investigaciones son de carácter hidrogeológico, destacando los informes “Investigación hidrogeológica de la cuenca alta de los ríos Júcar y Segura” (I.G.M.E., 1979a), “El sistema hidrogeológico de Albacete (Mancha Oriental). Sus recursos en aguas subterráneas, utilización actual y posibilidades futuras” (I.G.M.E., 1980a) y, “Estudio hidrogeológico de la Manchuela”(I.R.Y.D.A., 1993).

Sobre todos los trabajos realizados en la zona de entronque de las direcciones béticas e Ibéricas, es necesario dar especial importancia a la Tesis Doctoral de Castaño (1993), titulada “Estructura cortical del área de unión de las cordilleras Ibérica y Bética (Interpretación geotectónica basada en datos gravimétricos)”, sin olvidar la información obtenida y analizada de las 21 hojas geológicas de la serie Magna que se encuentran en el entorno de la zona de estudio.

### ***Estructura del sistema hidrogeológico***

Siguiendo una evolución histórica de los estudios encaminados a explicar las condiciones de contorno y la geología profunda del sistema hidrogeológico de la Mancha Oriental, cabe destacar el “Estudio hidrogeológico de la Comarca Cazorla–Hellín–Yecla” (I.G.M.E., 1967), y posteriormente el “Estudio Hidrogeológico Alto Júcar–Alto Segura” (I.G.M.E., 1979a). Ambos informes realizan estudios geológicos de campo y recogen la información obtenida de los sondeos de reconocimiento realizados. El primero de ellos estudia la estratigrafía general de la zona y obtiene como resultado los primeros mapas de isopacas para los materiales mesozoicos, junto con los primeros cortes geológicos interpretados. La delimitación de la zona de estudio sólo recoge el sector al S de la actual delimitación del sistema hidrogeológico, siendo su límite N el río Júcar. En el segundo informe se amplían los estudios geológicos de campo con sondeos de investigación, los cuales se acompañan de la realización de prospecciones geofísicas (sondeos eléctricos verticales).

El siguiente estudio que analiza las características hidrogeológicas del sistema es “Estudio de la Explotación de aguas subterráneas y su influencia sobre los caudales del río Júcar” (I.G.M.E., 1988a). En este informe se realiza una recopilación de toda la información anterior y se describen los dominios geológicos presentes en el sistema junto con su estratigrafía. Los resultados obtenidos son un mapa hidrogeológico de síntesis a escala 1:200.000 de la zona de estudio y 7 cortes hidrogeológicos. En este informe se amplía la zona de estudio, haciéndola más extensa que la propuesta en los estudios anteriores.

El trabajo anterior es ampliado posteriormente por el “Estudio de seguimiento del impacto de las extracciones de aguas subterráneas en los acuíferos de la Mancha Oriental y los caudales del río Júcar” (D.G.O.H., 1993) y en el “Estudio hidrogeológico de la Manchuela” (I.R.Y.D.A., 1993).

### ***Parámetros hidráulicos***

En el marco de los antecedentes histórico-bibliográficos en que se engloba este tema, en primer término habría que referirse a las primeras estimaciones de las características hidrodinámicas de las unidades acuíferas que se recogen en el “Estudio hidrogeológico de la Comarca Cazorla-Hellín-Yecla” (I.G.M.E., 1971) con la realización de 13 ensayos de bombeo.

Esta información es ampliada en el “Estudio Hidrogeológico Alto Júcar–Alto Segura” (I.G.M.E., 1979). Se realizaron 69 ensayos de bombeo entre la zona del alto Segura (fuera de los límites del sistema hidrogeológico) y el S del río Júcar, donde se determinaron los valores medios de las características hidráulicas en los acuíferos Jurásico y Mioceno.

Otros estudios que estiman las características hidráulicas de las unidades acuíferas presentes en la zona de estudio sin llegar a distribuir las espacialmente son por ejemplo: “El sistema hidrogeológico de Albacete (Mancha Oriental)” (I.G.M.E., 1980a), “Cálculo de la explotación de agua y evolución de recursos hídricos subterráneos, en el área de la Manchuela”. (I.G.M.E., 1984c), “Estudio de la Explotación de aguas subterráneas y su influencia sobre los caudales del río Júcar” (I.G.M.E., 1988) y, “Estudio de seguimiento del impacto de las extracciones de aguas subterráneas en los acuíferos de la Mancha Oriental y los caudales del río Júcar”. (DGOH, 1993).

Estos trabajos se han completado con ensayos de bombeo realizados posteriormente por el Instituto Geológico y Minero (I.G.M.E.), en nuevos pozos construidos para abastecimiento urbano.

### ***Funcionamiento Hidrogeológico del Sistema***

El funcionamiento hidrogeológico de la zona investigada fue recogido por primera vez en los estudios realizados para determinar el flujo subterráneo del sistema acuífero: “Estudio Hidrogeológico Alto Júcar–Alto Segura” (I.G.M.E., 1979) y “Sistema hidrogeológico de Albacete (Mancha Oriental)” (IGME, 1980). En ambos se recogen planos de isopiezas, el primero durante los años 1971/72 y 1974/75, diferenciando cada unidad acuífera y el segundo, entre los años 1979/80, sin diferenciar las unidades acuíferas.

En 1985, el IGME realiza dos informes generales donde presenta sendos planos de isopiezas del sistema hidrogeológico para diciembre de 1976 y primavera de 1983. Estos estudios son: “Actualización de datos hidrogeológicos para la planificación de las aguas subterráneas de Castilla-La Mancha” (I.G.M.E., 1985a), y la “Síntesis hidrogeológica de Castilla-La Mancha” (I.G.M.E., 1985b).

Posteriormente, los informes “Estudio de la Explotación de aguas subterráneas y su influencia sobre los caudales del río Júcar” (I.G.M.E., 1988) y “Estudio de seguimiento del impacto de las extracciones de aguas subterráneas en los acuíferos de la Mancha Oriental y los caudales del río Júcar”. (DGOH, 1993), realizan numerosos planos de isopiezas para 1972, 1976, 1985 y 1987 en el primer informe, y para 1991 y 1992 en el segundo, diferenciando los pozos y sondeos con profundidades superiores e inferiores a los 50 m.

Por último, en el año 1997 el IGME elabora dos informes en colaboración con la Consejería de Agricultura y Medio Ambiente de Castilla-La Mancha, en los que se muestra el mismo plano de isopiezas para la primavera de 1983 sin llegar a diferenciar las unidades acuíferas del sistema. Dichos informes se titulan: “Síntesis hidrogeológica de Castilla-La Mancha” y “Evolución de la piezometría y calidad del agua en la Unidad Hidrogeológica 08.29 Mancha Oriental”.



Varios son los estudios existentes donde se establece una zonificación del sistema hidrogeológico. En ellos se han diferenciado sectores de características hidrogeológicas y evoluciones piezométricas homogéneas (CHJ., 1999) cuando en realidad también se diferencian por ser sectores de características semejantes en cuanto a sistemas de explotación y desarrollo de cultivos.

El primer estudio que divide el sistema por áreas, denominadas zonas hidrogeológicas es “El Sistema hidrogeológico de Albacete, Mancha Oriental” (I.G.M.E., 1980a). Este informe presenta 11 zonas hidrogeológicas (Figura 1.3), de las que analiza detalladamente los siguientes aspectos:

- a) La existencia determinada de acuíferos, la forma de alimentación, nivel piezométrico y su evolución,
- b) el balance de entradas y salidas en cada zona, y
- c) las perspectivas a corto y medio plazo.

Transcurridos ocho años, se elabora el informe titulado “Estudio de la explotación de aguas subterráneas en el acuífero de la Mancha Oriental y su influencia sobre los caudales del río Júcar” (I.G.M.E., 1988a), que divide el acuífero en 10 zonas homogéneas en cuanto a su comportamiento piezométrico (Figura 1.4), es decir agrupando los piezómetros con evolución similar a lo largo del tiempo.

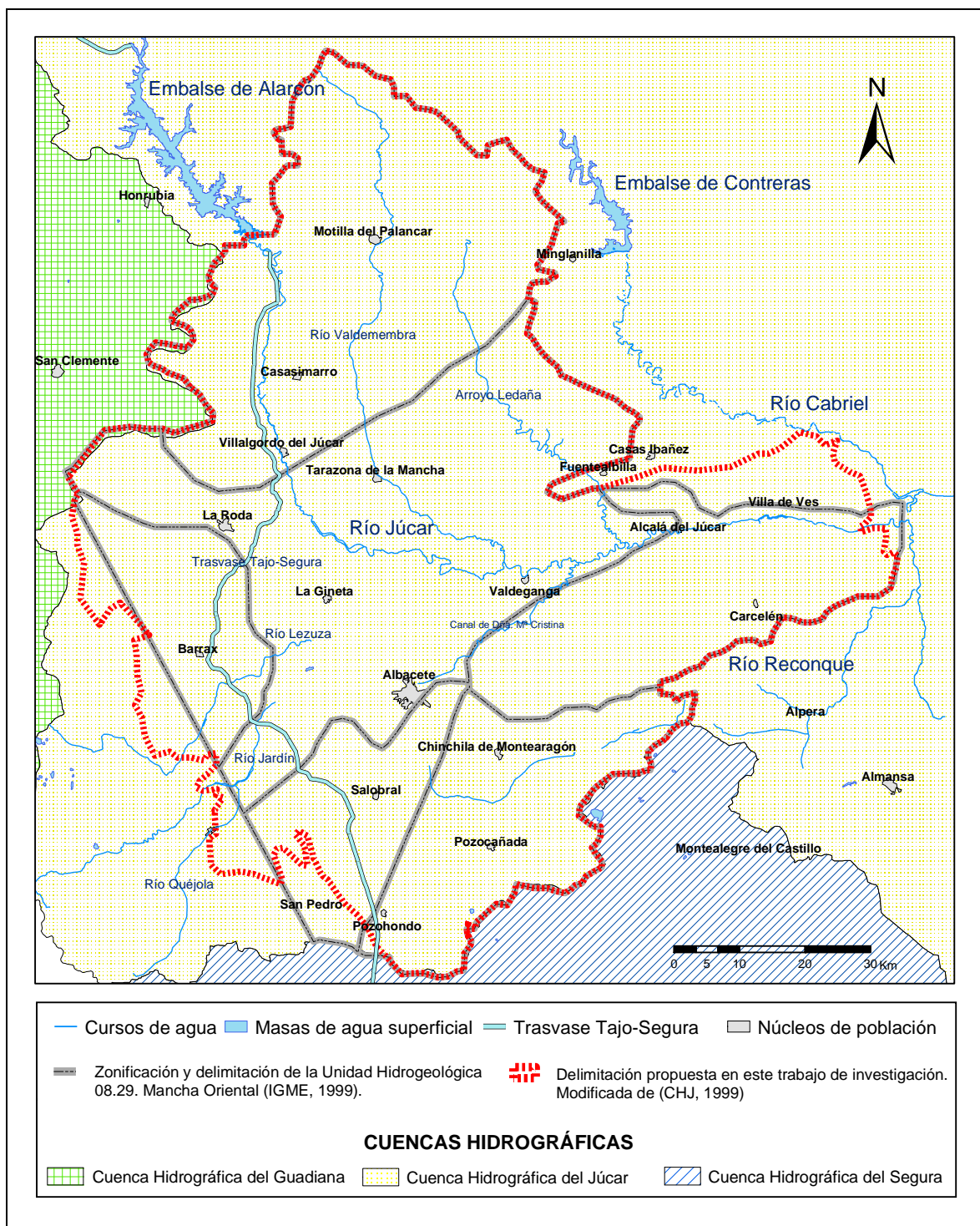
Cinco años después, el informe “Estudio de seguimiento del impacto de las extracciones de aguas subterráneas en los acuíferos de la Mancha Oriental y los caudales del río Júcar” (I.R.Y.D.A., 1993) vuelve a delimitar las mismas zonas.

Por último, en 1999 el Convenio para actuaciones de apoyo a la gestión Hídrica en la Unidad Hidrogeológica 08.29 Mancha Oriental, elaborado entre la CHJ y el IGME, propone seis zonas para determinar la base del modelo conceptual, siendo estas áreas de características homogéneas (Figura 1.5). Los argumentos propuestos para efectuar esta





**Figura 1.4. Zonificación del área de estudio según IGME (1988a) e IRYDA (1993). Se delimita el acuífero en 10 zonas homogéneas en cuanto a su evolución piezométrica.**



**Figura 1.5.** Zonificación del área de estudio según CHJ (1999). Este informe propone 6 zonas de características hidrogeológicas homogéneas.

En relación con las investigaciones enfocadas a cuantificar las interacciones del río Júcar y el sistema hidrogeológico de la Mancha Oriental, el primer estudio que se ocupa del tema data del año 1976 “Reconocimiento Hidrogeológico del río Júcar”, fue realizado por el IGME y ADARO dentro del marco de uno de los estudios del programa PIAS titulado “Estudio hidrogeológico Alto Júcar–Alto Segura”. Este informe recoge los aforos diferenciales realizados en el río Júcar desde la presa de Alarcón (entrada del sistema) hasta la estación del Jalance (salida del sistema) utilizando cinco estaciones de aforo.

El segundo estudio data de 1984 y se denomina “Resultados de los aforos realizados en la red hidrométrica del río Júcar en octubre de 1983 y enero de 1984” (I.G.M.E., 1984a). En este estudio se realizan 16 aforos diferenciales en el río Júcar a su paso por el sistema hidrogeológico.

Los resultados indican que el río Júcar cede unos 128 l/s al acuífero en el tramo comprendido entre la presa de Alarcón y la estación de aforos de Villalgordo del Júcar. Sin embargo, desde esta estación hasta la presa del Molinar-Jalance, el río drena al acuífero de forma creciente. Este estudio estima que el río aumenta su caudal en 7.242 l/s en todo el tramo. Por tanto, la pérdida de caudal del acuífero al río puede ser aproximadamente de 220 hm<sup>3</sup>/año. Estos resultados son considerablemente inferiores a los del informe de 1976 donde se establecía que el acuífero cedía agua al río a lo largo de todo su recorrido.

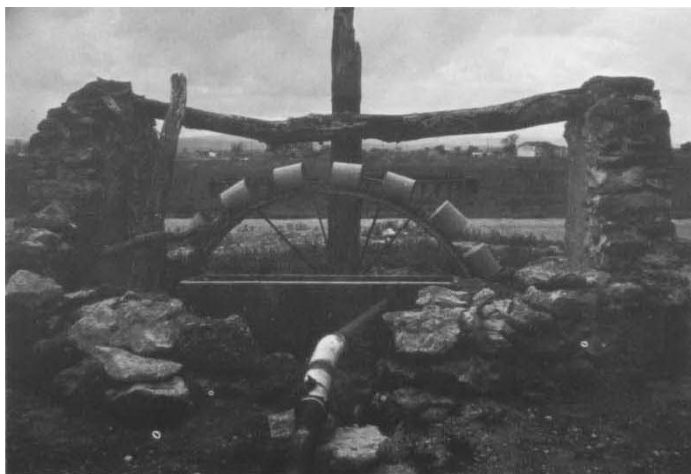
En 1999, en el informe final del convenio entre la CHJ y el IGME para actuaciones de apoyo a la gestión hídrica de la Unidad Hidrogeológica de la Mancha Oriental se cifran las pérdidas del acuífero al río en unos 130 hm<sup>3</sup>/año.

### **1.5. Breve historia del uso de las aguas subterráneas del sistema hidrogeológico de la Mancha Oriental**

Antes de comenzar a reseñar la historia de las aguas subterráneas en la zona de estudio, diremos que casi todas las referencias históricas escritas en este apartado se han obtenido de (Senent Alonso, 1975) y (López Fuster, 2000).

La historia del uso de las aguas subterráneas se remonta a la Edad Media, donde ya, en el S. XV se utilizaban norias para la elevación de las aguas freáticas, lo que favorecía la centralización de las explotaciones familiares.

Pero las primeras noticias de la existencia de pozos de abastecimiento humano no aparecen hasta el S. XVI, cuando se sabe que se construyeron algunos en los alrededores de la actual ciudad de Albacete. En el S. XIX, se tiene constancia de la existencia de una superficie piezométrica muy alta con cotas superiores a las del suelo, como ocurría en la laguna del Salobral. Como consecuencia de este hecho la Villa de Albacete y alrededores sufrían, con elevada frecuencia, inundaciones debido a la casi inapreciable presencia de pendientes, lo que favorecía enormemente la infiltración del agua de lluvia.



**Sistemas de elevación de aguas (noria) a principios del siglo XX, en el entorno de la ciudad de Albacete.**

En el año 1805 comenzaron las obras para la construcción del Canal de María Cristina con el objeto de descargar las aguas de las tierras encharcadas de Ojos de San Jorge, Hoyavacas, Acequión y la citada laguna del Salobral, dándoles salida al río Júcar para poder de este modo, erradicar las enfermedades endémicas existentes como el paludismo y la fiebre tifoidea, que tuvieron su origen en el encharcamiento constante de dichas zonas. Además el Canal, que no fue terminado hasta 1829, facilitó la recuperación de 8.680 ha para fines agrícolas.

Los trabajos de construcción de los primeros pozos perforados en la provincia de Albacete tuvieron lugar a mediados del S. XIX, tal y como se cita en el Tratado de Agua y Riego (1889) de D. Andrés Llauradó. En el año 1868 se realizó, por don Luis de Escosura, el primer sondeo surgente situado este en la estación del ferrocarril de la ciudad de Albacete, cuya profundidad era de 87,65 m. Se observó que el agua estaba a 0,5 m de profundidad y se extraían 18 l/min con descensos inapreciables. De este modo viene referido en la obra “Descripción geológico-minera de las provincias de Murcia y Albacete” escrito por don Federico de Botella (Senent Alonso, 1975).

El segundo pozo se perforó en la finca “Los Llanos” del Marqués de Salamanca, ubicada a 8 km al S de la ciudad de Albacete. La profundidad del pozo era de unos 187 m y no se llegaron a encontrar aguas surtidoras.

A pesar de que durante el S. XIX los pozos suministraron el agua necesaria para el consumo humano, existía un grave problema de escasa potabilidad que tuvo su origen en dos hechos: la contaminación orgánica de las aguas, ya que los vertidos de las aguas residuales se realizaban directamente en el subsuelo (pozos negros) por la falta de una red de alcantarillado, y la escasa profundidad de la superficie freática (Senent Alonso, 1975).

Como dato curioso nos gustaría referir que a comienzos del S. XX, en el año 1909, con la intención de que el catedrático de Geología del Seminario Conciliar de Madrid, don Francisco García Muñoz pudiese visitar la zona de Peñas de San Pedro, para conocer la localización de las aguas subterráneas con un invento de su propia creación llamado



“hidroscopio terrestre”, el Ayuntamiento de dicho pueblo presentó una instancia ante el Ministerio de Fomento solicitando 1.000 ptas. El entonces director de la Comisión del Mapa Geológico, órgano precursor del IGME, contestó señalando que consideraba a don Francisco un “farsante” y que debía tenerse cuidado con “las proposiciones que puedan presentarle los llamados hidroscopios”. Con este hecho se pretende llamar la atención sobre la creencia que existía acerca de la posibilidad de encontrar aguas subterráneas con varitas mágicas o péndulos, práctica que todavía se ejerce en la actualidad como en el caso de los zahoríes.

En 1917, el estudio hidrogeológico de la provincia de Alicante, realizado por Enrique Dupuy de Lome y Pedro Novo estableció que la hidrogeología subterránea de una región se halla tan estrechamente relacionada con su estructura geológica que, para llevar a cabo un estudio hidrogeológico serio, es necesario un riguroso conocimiento de la geología y estratigrafía de dicha región.

Con la base de esta idea, Enrique Dupuy realizó una investigación de las aguas subterráneas de la provincia de Albacete en el año 1946 recogida en el estudio titulado “Alumbramiento de aguas subterráneas en Albacete”. En este trabajo se indicaban las tres zonas de mayor preferencia respecto a los recursos hídricos subterráneos: la llanura de Albacete, la cuenca de Almansa y bordes interiores de las alineaciones montañosas que la circundan, y por último, la comarca de Hellín (Senent Alonso, 1975).

Según Senent Alonso (1975), en el periodo de tiempo comprendido entre los años 1960 y 1965 los lugareños creían que “un río Ebro” pasaba por el subsuelo de la región. Esta idea, obviamente, era errónea porque este concepto nada tiene en común con la circulación de las aguas subterráneas ya que es sabido, que los acuíferos además de transmitir, almacenan agua.

En los últimos 30 años del siglo pasado se produjo un incremento significativo de la construcción de pozos en el sistema hidrogeológico de la Mancha Oriental, para suministrar con aguas subterráneas los regadíos emergentes. Este hecho se produjo como consecuencia de la concesión de terrenos por parte del Instituto Nacional de



Colonización. Además, y en consonancia con lo referido por Llamas. *et al.* (2001) a nivel nacional, en la zona de la Mancha Oriental dicho incremento también fue debido a factores como la mejora en las técnicas de perforación, lo que abarató los costes de ejecución, la comercialización de las bombas sumergibles que permitían extraer caudales importantes a mayores profundidades, el avance de la hidrogeología científica y la imitación de unos usuarios a otros al descubrir las ventajas del uso de las aguas subterráneas.

En 1961, el Instituto Nacional de Colonización (INC), que posteriormente se denominó I.R.Y.D.A, realizó en la batería del Pasico (paraje a 5 Km al S de la ciudad de Albacete) un aforo en 7 pozos con los que se extraían 1.200 l/s. La profundidad de dichos pozos variaba entre 90 y 150 metros y se ubicaban en una superficie inferior a 100 m<sup>2</sup>. Además, el nivel freático era de tan sólo unos 8 metros desde la superficie del terreno. Este hecho de gran importancia fue el primero de tantos otros sondeos llevados a cabo con posterioridad (López Fuster, 2000).

Siete años después, ante la idea del trasvase Tajo-Segura existía la esperanza de que Albacete fuese beneficiaria de las aguas trasvasadas. Así lo solicitaron tanto organismos provinciales como regionales como la Diputación Provincial y la C.O.S.A. (Cámara Oficial Sindical Agraria). La inquietud por parte de todos y el proyecto de investigación de las aguas subterráneas en la comarca de Cazorla-Hellín-Yecla en mayo de 1968, permitió que el 11 de abril de 1969 se aprobase por el Consejo de Ministros el estudio hidrogeológico Cazorla-Hellín-Yecla.

Este estudio, que se concluyó en 1975, vio la luz como consecuencia de la colaboración entre el IGME y el INC dentro del programa P.I.A.S. En él se recoge una superficie de estudio de 30.000 Km<sup>2</sup> que abarca toda la provincia de Albacete parte de las de Cuenca y Murcia.

En las IV Jornadas Minero-Metalúrgicas de Cartagena celebradas en 1971, se puso de manifiesto la marcha del mencionado estudio. En él se estimaron unos recursos en aguas subterráneas de 350 hm<sup>3</sup>/ año. En abril de ese mismo año se aprobó la Ley del

trasvase Tajo-Segura que en su art. 3.2. hace referencia a las canalizaciones de los ríos Lezuza y Jardín y al estudio de los recursos hidráulicos totales de la Mancha. La canalización de dichos ríos perjudicaría en gran medida la alimentación de los acuíferos de los Llanos de Albacete porque los recursos de aguas subterráneas se reducirían entre 60 y 100 hm<sup>3</sup>/ año por la falta de infiltración de las aguas de estos ríos en el subsuelo (Senent Alonso, 1975).

En el año 1972 fue contratada la empresa ADARO de Investigaciones Mineras, S. A. con el fin de que participara en el proyecto. El área de estudio se amplió y como consecuencia dicho proyecto pasó a denominarse “Estudio Hidrogeológico Alto Júcar-Alto Segura”.

Ese mismo año aparecen en la zona las máquinas de sondeos del Ministerio de Obras Públicas (MOPU) que crearon cierta inquietud entre la población, ante el hecho de que la realización de estos sondeos se efectuaba a lo largo de la traza del trasvase Tajo-Segura. Pero en 1974 se hace público un comunicado donde se afirma que “las aguas subterráneas de la Mancha no se utilizarán fuera del ámbito local”, lo que devolvió la tranquilidad ante la confirmación de que las aguas subterráneas de la zona no serían exportadas a través del trasvase Tajo-Segura.

Los resultados del “Estudio Hidrogeológico Alto Júcar-Alto Segura” se hicieron públicos en junio de 1973. Se señaló que el estado de conocimientos alcanzado por el estudio permitía afrontar de manera inmediata la explotación de sus aguas subterráneas.

En el año 1975 el IGME trazó el “Plan de Gestión y Conservación de los Acuíferos”, cuyo objetivo era favorecer el uso racional y medido de los recursos hídricos subterráneos. Se gestionó desde la Oficina Regional de Albacete (clausurada en 1982) que se dedicó, de modo muy acertado, a asesorar sobre las posibilidades de hallar caudales explotables en los lugares propuestos por sus propietarios (López Fuster, 2000).

Entre los años 1980 y 1985 tuvo lugar una gran proliferación de pozos. Este llamativo incremento se debió en gran medida a que ya era posible el manejo de las bombas sumergibles, lo que permitía la extracción de agua sin grandes dificultades. Ello unido al bajo coste de la energía y al elevado precio de cultivos como el maíz (hasta 30 Pts/kg) amortizaba, en apenas 2 años, los gastos de la ejecución de los sondeos. Anterior a estas fechas y a lo largo del último cuarto de siglo, la mayoría de las localidades presentes en el sistema hidrogeológico de la Mancha Oriental incluida la ciudad de Albacete, realizaron pozos para el abastecimiento urbano.

El autor de esta Tesis ha llegado a contabilizar más de 8.500 sondeos en el sistema hidrogeológico de la Mancha Oriental, sin tener en cuenta pozos o sondeos ilegales y los pozos cuya concesión es inferior a 7.000 m<sup>3</sup>/año, pudiendo incrementarse esta cifra en más del doble.

La polémica Ley de Aguas de 1985 entró en vigor el 1 de enero de 1986. Su importancia en lo referente a las aguas subterráneas radica en la incorporación que hizo de éstas al dominio público hidráulico, lo que conllevó la necesidad de concesiones y autorizaciones para las actividades que de una u otra manera pudiesen afectar al recurso. Esta ley establecía que para proteger tanto la cantidad como la calidad de las aguas se crearían los Planes Hidrológicos de Cuenca y el Plan Hidrológico Nacional.

La Ley se apoyaba en las Confederaciones Hidrográficas, a las que les dio la competencia para la gestión de las aguas subterráneas después de declaradas públicas. Como indica López Fuster (2000), la sede de la CHJ reside en Valencia, desde donde se pretendía administrar, sin los recursos necesarios, a su juicio, el acuífero de la Mancha Oriental.

También contempla y regula la Ley de 1985 la constitución de Comunidades de Regantes y las Juntas Centrales de Usuarios y Comunidades Generales. En lo que se refiere al sistema hidrogeológico de la Mancha Oriental hay que decir que, debido al periodo de sequías durante los años 1990-1995, se propuso la creación de algún tipo de asociación de regantes ante la existencia de un descenso de niveles en los sondeos en

explotación (López Fuster, 2000). Después de algunos avatares, se creó en 1994 la Junta Central de Regantes de la Mancha Oriental (JCRMO) para la gestión de las aguas subterráneas. En ella conviven usuarios individuales junto con Comunidades de Regantes. A nuestro juicio, la creación de este órgano fue un gran acierto ya que son los propios usuarios los que tratan de manera muy acertada todo lo referente al control de la explotación de las aguas subterráneas en determinadas zonas del acuífero, sin olvidar que se riegan con dichas aguas más de 100.000 ha.

La JCRMO elaboró su primer Plan de Explotación para la campaña de 1995, en la que por primera vez en nuestro país, una organización de regantes se imponía a sí misma restricciones en el uso del agua subterránea, sin existir una declaración de sobreexplotación tal y como señala López Fuster (2000).

Hito de especial relevancia fue el reconocimiento por parte de la CHJ en febrero de 1999, de la JCRMO como “la única comunidad de usuarios válidamente constituida a la que se refiere el artículo 32.4.e) del Plan Hidrológico del Júcar en aplicación de la Ley de Aguas.”.

Un año antes, fue aprobado el PHJ por Real Decreto 1664/1998 de 24 de julio. En lo que se refiere a las aguas subterráneas hay que resaltar que estableció en primer lugar, en relación a la asignación de recursos para el acuífero de la Mancha Oriental, que los recursos subterráneos bombeados para los riegos de dicho acuífero se fijan en un máximo neto anual de  $275 \text{ hm}^3$  (equivalente a una extracción bruta máxima total estimada en unos  $320 \text{ hm}^3$ ). Además, se fija en un máximo de  $80 \text{ hm}^3/\text{año}$  los recursos superficiales destinados a la sustitución de bombeos del acuífero preferentemente en zonas regables de iniciativa pública. Parte de las dotaciones de esta sustitución se han llevado a cabo a comienzos del siglo actual, lo que ha supuesto la clausura de los pozos afectados y el abastecimiento de Albacete, que durante mucho tiempo se abasteció únicamente de aguas subterráneas.

En segundo lugar y en lo relativo a la asignación de reservas para el acuífero de la Mancha Oriental, determinó que se establece una reserva de  $65 \text{ hm}^3/\text{año}$ , vinculada a la

sustitución de bombeos señalada anteriormente, para la consolidación de riegos existentes en la zona de la Mancha Oriental (Albacete y Cuenca) y para el posible desarrollo de nuevos regadíos que se preveían en el Decreto 2325/75 y en el Real Decreto 950/ 1989. Con dicha consolidación, los recursos del sistema hidrogeológico producidos por el aumento de las disponibilidades del sistema, y en particular por las actuaciones de mejora y modernización, se reservan a favor del Estado y se destinarán hasta 120 hm<sup>3</sup>/año para la redotación y para nuevas transformaciones de las zonas regables en Castilla- La Mancha, previstas en el RD 950/ 1989.

El mantenimiento de caudales mínimos aguas abajo del embalse de Alarcón conlleva el desembalse de un caudal mínimo necesario que se calcula en 2 m<sup>3</sup>/s, como consecuencia de los bajos niveles piezométricos provocados por la actual explotación del acuífero. Dichos niveles provocan una pérdida de caudal en el río por recarga inducida hasta el acuífero (CHJ., 1999).

Quince años después de la Ley de Aguas, se aprueba la Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de octubre de 2000, conocida como la Directiva Marco del Agua (DMA) que nace como respuesta a la imperiosa necesidad de unificar las actuaciones en materia de gestión del agua en el marco de la Unión Europea. Una de las características novedosas de la DMA se refiere a su alcance, esto es, que engloba a todas las aguas, incluyendo las subterráneas en su art. 9.2.

Para su implementación se designó la cuenca del río Júcar, donde se ubica el sistema hidrogeológico de la Mancha Oriental, en el año 2002 como una de las cuencas-piloto. El proyecto de las cuencas-piloto consiste en la elaboración de una serie de documentos guía, cuya evaluación integrada se realiza en las cuencas hidrográficas de diversos lugares de la Unión Europea. España asumió, a través del Ministerio de Medio Ambiente, este reto comprobando y evaluando en la cuenca del Júcar todas las Guías y, trabajando en el desarrollo de una plataforma de Sistema de Información Geográfica Común.

Este hecho tiene como objetivo, no sólo el cumplimiento de la Directiva, sino además, la elaboración de los Planes Hidrológicos de cuenca con arreglo a los criterios establecidos en la misma. [www.chj.es](http://www.chj.es)



## **2. METODOLOGÍA**

---





Para alcanzar los objetivos propuestos se ha seguido el siguiente método de trabajo.

## **2.1. Recopilación de datos y revisión bibliográfica**

En una primera etapa del proyecto de investigación en el que se enmarca esta Tesis Doctoral, la labor de recopilación de información hidrogeológica (bibliografía y datos) fue realizada por Clara Redondo, Carmen Macías y Miguel Mejuto. En etapas posteriores esta información fue ampliada por Pilar Llanes (participante del proyecto en la sección de Geofísica) y el propio autor de este trabajo.

La información bibliográfica, que se ha citado oportunamente en el texto, se recoge en el Capítulo final de esta Tesis Doctoral. Por otro lado, se realizó una tarea de análisis y clasificación de los datos obtenidos. Estos se pueden clasificar en: geológicos, hidrogeológicos, climatológicos e hidrográficos.

### **2.1.1. Inventario de puntos de agua**

Para la obtención de los datos hidrogeológicos se ha realizado un inventario de puntos de agua a partir de la información suministrada por diversas fuentes y de dos campañas de campo realizadas por el autor. La primera, con la colaboración de M<sup>a</sup> Ángeles Higuera en el marco de este proyecto de investigación durante los meses de marzo-mayo de 2.001, y la segunda, con el apoyo de Ona Cornellá durante la realización del trabajo final del “XXXIV Curso Internacional de Hidrología Subterránea” en el mes de abril de 2.002.

En total se han recopilado más de 8.000 puntos de agua en el entorno del sistema hidrogeológico de la Mancha Oriental, de los que tan sólo 2.480 puntos se han seleccionado por su relevante información hidrogeológica. Las diferentes fuentes de información son enunciadas a continuación.

- Informe: “*Estudio Hidrogeológico de la zona oriental de la Mancha*”(IGME, 1973).
- Informes internos del IDR.
- Informes de construcción de captaciones del Instituto Regional de Desarrollo Agrario (*IRYDA*)
- Base de datos de la empresa *TRAGSATEC*
- Informe: “Investigación hidrogeológica de la cuenca alta de los ríos Júcar y Segura. Unidad Norte.” (IGME, 1979).
- Campaña de campo.
- Archivo de socios de la Junta Central de Regantes de la Mancha Oriental.
- Sondeos Profundos realizados por los operadores ENPENSA y TENNECO para la prospección de hidrocarburos realizados en sistema hidrogeológico 08.29 (Mancha Oriental).
- Informes finales de abastecimiento a localidades de la Mancha Oriental.
- Utilización de la base de datos del Registro, Catalogo, y Concesiones de pozos, sondeos y manantiales que dispone la JCRMO. Se han consultado con el consentimiento de la CHJ y la propia JCRMO. Se garantiza en todo momento la confidencialidad de los datos de los titulares de los aprovechamientos.
- Red piezométrica del IGME-CHJ-Diputación de Albacete.
- Base de datos del IGME hasta 1997.
- Informe: “Zona regable del Canal de Albacete” DGOH (1996).

En la Tabla 2.1; Anexo II se muestra el número de datos obtenidos de cada fuente de información, y el tipo de información referente a cada pozo, sondeo y manantial. En la Tabla 2.2; Anexo II se indican los datos hidrogeológicos obtenidos para cada punto, clasificándolos en: datos piezométricos, datos de ensayos de bombeo, litológicos, y características técnicas de la construcción del pozo.

### **2.1.2. Datos climatológicos**

Se han obtenido las series mensuales de precipitación para las estaciones pluviométricas codificadas por el Instituto Nacional de Meteorología como: 08155 Motilla del Palancar, 08252 Minglanilla, 08152 La Roda, 08161 Villagarcía del Llano, 08175 Albacete-Los Llanos y 07268 Bonete.

Las fuentes de documentación son: a) informes públicos “Estudio de la explotación de aguas subterráneas en el acuífero de la Mancha Oriental y su influencia sobre los caudales del río Júcar” (I.G.M.E., 1988a) y “Estudio de seguimiento del impacto de las extracciones de aguas subterráneas en los acuíferos de la Mancha Oriental y los caudales del río Júcar” (D.G.O.H., 1993), b) el Servicio de Asesoramiento de Riegos de Albacete (SARA) en su pagina web ([www.dipualba.es](http://www.dipualba.es)), y c) el Instituto Nacional de Meteorología. En total se dispone de una serie histórica que comprende el periodo de tiempo entre 1947 y 2002.

### **2.1.3 Datos de hidrología superficial**

Se han recogido los caudales mensuales de las estaciones de aforo operativas en los ríos Júcar, Jardín y Lezuza. Esta información se ha obtenido de la base de datos que la Confederación Hidrográfica del Júcar dispone en su pagina web, [www.chj.es](http://www.chj.es).

## **2.2. Organización de la Información**

Debido al importante volumen de datos recopilado y a la vasta extensión de la zona de estudio ha sido necesario recurrir a un sistema de organización de la información, así como, a una herramienta de fácil manejo para realizar una correcta distribución de los datos en el espacio y tiempo.

Para ello, se ha confeccionado una base de datos alfanuméricos y georreferenciados que se ha conectado mediante conexión SQL a un Sistema de Información Geográfica (SIG). Este SIG es una herramienta capaz de analizar y manipular datos espacio-temporalmente, así como, de integrar y cruzar datos hidrogeológicos. A su vez, la información se puede exportar a otros programas para poder así, realizar otro tipo de análisis de dichos datos.

La base de datos confeccionada en Access se ha llevado a cabo con la colaboración de Pilar Llanes, personal perteneciente al proyecto en el área de geofísica y por Antonio Moreno, informático contratado a cargo del proyecto de investigación. La estructuración de las tablas, formato y relaciones entre ellas se pueden observar en el Anexo II. Esta base de datos se encuentra en el departamento de Geodinámica de la UCM y en el IDR perteneciente a la UCLM.

## **2.3. Tratamiento de los datos**

### **2.3.1. Geológicos/ Hidrogeológicos**

En primer lugar, se han definido las diferentes unidades hidrogeológicas que conforman el sistema hidrogeológico de la Mancha Oriental en función de su litoestratigrafía, clasificándolas en Acuíferos, Acuitardos y Acuífugos.

Tomando como punto de partida las 516 columnas litológicas de los sondeos recopilados en el inventario de puntos de agua, se han clasificado los materiales testificados en dichas columnas dentro de las unidades hidrogeológicas definidas.

Con esta información, junto con el mapa geológico de síntesis digitalizado y los mapas geológicos 1:50.000 de la serie MAGNA del IGME, se han realizado 12 cortes hidrogeológicos seriados (Anexo IV), cuya disposición espacial se muestra en la Figura 4.1 del Capítulo 4.

Además, las columnas litológicas de los sondeos del inventario se han subdividido en las cotas del techo y muro de cada unidad hidrogeológica estando todas ellas referidas a la superficie topográfica. Con estos datos se ha podido definir, por métodos geoestadísticos, las superficies correspondientes al techo y muro de cada unidad acuífera. En las Figuras 4.8 a 4.13; Anexo IV, se muestran los valores puntuales de las cotas del techo y muro de cada unidad hidrogeológica acuífera.

El método geoestadístico utilizado fue el Krigging. La modelización de los techos y muros de las unidades hidrogeológicas acuíferas se ha llevado a cabo mediante el software Surfer.8 de Golden Software, con licencia para el departamento de Geodinámica de la UCM.

### **2.3.2. Parámetros Hidráulicos**

El tratamiento de los datos referidos a los parámetros hidráulicos se ha realizado en dos partes. La primera fue la realización de una campaña de 9 ensayos de bombeo en aquellos sectores donde la ausencia de datos era determinante. En la segunda parte se ha efectuado un análisis estadístico y, en algunos casos, geoestadístico, de los valores referentes a las características hidrodinámicas de cada una de las unidades acuíferas definidas.

Para la realización de los ensayos de bombeo se contó con la colaboración de la JCRMO y varios de sus socios. Se realizaron visitas a los propietarios de los pozos

potenciales de realizar el ensayo de bombeo para aclarar el propósito de dichos ensayos y para evaluar la calidad de las captaciones. Los requisitos básicos por orden de importancia para la realización de la prueba de bombeo eran:

1. Tubería piezométrica: fundamental para el seguimiento de los niveles del agua dentro del pozo.
2. Características técnicas de la perforación: sobre todo conocer la profundidad del pozo y la colocación de los filtros o rejillas.
3. Columna litológica de la perforación.
4. Existencia en las proximidades de un pozo o piezómetro de observación, al igual que otras captaciones que puedan influenciar a la hora de realizar el ensayo.
5. Datos de la bomba y el motor.
6. Caudalímetro. Tanto los propios de las captaciones como el caudalímetro de ultrasonidos cedido amablemente por el Instituto Técnico Agropecuario (ITAP) y el Centro Regional de Estudios del Agua (CREA).
7. Especificar la época donde los riegos serían superiores a 6-8 horas.

La metodología concreta seguida para la realización de los ensayos de bombeo se puede obtener en Villanueva Martínez e Iglesias López (1984) y Custodio y Llamas (1983).

Para la interpretación de los datos obtenidos se ha seguido las líneas propuestas por (Cooper y Jacob, 1946; Theis, 1963) y además, se ha utilizado el software AQUIFER TEST (Waterloo Co.), con licencia para el Departamento de Geodinámica de la UCM. (ver Anexo V).

Respecto a la distribución espacial de los parámetros hidráulicos se han utilizado un total de 587 puntos con valores referidos a las características hidrodinámicas. De estos puntos se ha analizado sus características constructivas y se ha comprobado la ubicación de las zonas de admisión de agua en la posición de la columna litológica, separando estos puntos según las unidades hidrogeológicas que estén explotando (Figura 5.1; Capítulo 5).

La mayoría de los datos pertenecen a valores de caudal específico (492 puntos). A estos valores se les realizó un análisis estadístico una vez identificadas las unidades hidrogeológicas acuíferas en las que estaban situados, determinando si los pozos que explotan cada unidad acuífera tienen rendimientos diferentes. Para ello, se ha realizado un test comparativo de muestras. Concretamente se han utilizado tests de significación no paramétrico (más sencillos de aplicación, pero con una fiabilidad equivalente a los paramétricos). Los tests estadísticos utilizados son el Test de la “U” de Mann-Whitney y el Test de la “H” de Krushal Wallis. Para la realización de dichos tests se ha utilizado el software Statsgraphics del que el departamento de Geodinámica de la UCM dispone licencia.

Los datos de caudal específico están directamente interrelacionados con la transmisividad como apunta Custodio y Llamas, (1983), por lo que se han relacionado empíricamente los valores de caudal específico con los de transmisividad para cada unidad acuífera mediante regresión simple, obteniendo índices de correlación  $R^2 > 0,7$ .

Tanto los valores de caudal específico como los de transmisividad siguen distribuciones log-normales como apunta Samper Calvete y Carrera (1996), es por ello, que se han transformado estos valores en log-transmisividades y log-caudal específico. De esta manera, se ha realizado una estadística descriptiva de estos valores, obteniendo elementos básicos como la media ( $\bar{x}$ ) y la desviación típica ( $s$ ). Con dichos elementos se confecciona la curva de frecuencias acumuladas relativas y se determinan por un lado, la magnitud y variabilidad de la transmisividad siguiendo la metodología propuesta por Krásný (1993) y por otro, la probabilidad de que un pozo que explote una unidad hidrogeológica establecida proporcione un rendimiento determinado.

Las unidades hidrogeológicas en las que ha sido posible, se han obtenido mediante métodos geoestadísticos la distribución espacial de las transmisividades. Para ello, se utilizó el programa Surfer 8, de Golden Software.



### **2.3.3. Piezometría**

Se dispone de 606 puntos que tienen como mínimo un registro del nivel piezométrico cada uno, para hacer un total de 11.764 lecturas de nivel. De estos 606 puntos se han seleccionado 162 en los cuales se han tomado medidas de nivel durante más de 4 años consecutivos. Del 80% de estos puntos de control se han analizado sus características constructivas y se ha comprobado la ubicación de la zona de admisión de agua en la posición de la columna litológica. De esta forma, se ha llegado a determinar que acuífero mide cada punto de control (73 para la Unidad Hidrogeológica 7 (UH7), acuífero del Jurásico medio, 6 para la Unidad Hidrogeológica 3 (UH3), acuífero del Cretácico superior, 52 para la Unidad Hidrogeológica 2 (UH2), acuífero del Mioceno medio, 1 para la Unidad Hidrogeológica del Terciario detrítico (UH1) y 30 de los que no se ha podido determinar con seguridad que unidad hidrogeológica medía, a causa de la ausencia de datos constructivos, véase Figura 6.1; Capítulo 6.

De estos piezómetros existen series mensuales desde comienzos de los años 70 hasta la actualidad, variando en tiempo y espacio la realización de las medidas. Los organismos encargados de la realización de las lecturas han sido por orden cronológico: IGME, Diputación de Albacete y CHJ. Es de destacar la campaña de medidas piezométricas realizadas por el autor durante los meses de marzo-abril de 2.002.

Con las lecturas del nivel piezométrico de los puntos de control se ha realizado por un lado, los gráficos de evolución piezométrica de cada uno de ellos y por otro, 6 planos de isopiezas del sistema hidrogeológico para las fechas de abril-mayo de los años 1975, 1982, 1988, 1996, 2000 y 2002 (Figuras 6.14 a 6.19; Anexo VI).

### **2.3.4. Precipitación e hidrología superficial**

El tratamiento de los datos de precipitación y de hidrología superficial, con el objetivo de evaluar la recarga del sistema hidrogeológico, no es la finalidad de esta Tesis Doctoral. Dentro del proyecto de investigación en el que se enmarca este trabajo existe

otra Tesis Doctoral en ejecución que se encarga de este tema en concreto. Por tanto, los datos de precipitación e hidrología superficial se han utilizado únicamente para comprender y evaluar las evoluciones piezométricas de los puntos de control.

En lo referente a los valores de precipitación de las estaciones evaluadas, dichos valores se han representado respecto al tiempo y se ha confeccionado la curva de desviaciones acumuladas, (Figuras 6.21 a 6.26; Anexo VI) con el objeto de determinar las secuencias secas y húmedas y su relación con las evoluciones piezométricas. La disposición espacial de las estaciones pluviométricas elegidas se muestra en la Figura 6.1; Capítulo 6.

En relación con los datos de hidrología superficial se han realizado las representaciones de los caudales respecto al tiempo de los ríos Júcar, Jardín y Lezuza. Para el río Júcar se han confeccionado las gráficas de caudales diferenciales entre estaciones de aforo consecutivas de este río para las mismas fechas, mientras que, para los ríos Jardín y Lezuza se han representado gráficamente los caudales mensuales respecto al tiempo. La disposición espacial de las estaciones foronómicas elegidas se muestra en la Figura 6.1; Capítulo 6.



### **3. GEOLOGÍA**

---



### 3.1. Introducción

El estudio de la geología de la Mancha Oriental se ha llevado a cabo por diferentes estudios financiados por organismos públicos y privados, así como, por numerosos autores que trabajaron en el entorno de la zona (véase Antecedentes; Capítulo 2). A partir de dichos estudios, en esta Tesis Doctoral se ha realizado una síntesis bibliográfica que ha permitido homogeneizar y distinguir los resultados más significativos y relevantes para la correcta definición del funcionamiento hidrogeológico del sistema. Para ello, también se ha realizado un análisis exhaustivo de las columnas litológicas de los sondeos identificados durante el inventario de puntos de agua, así como, una campaña de campo de reconocimiento de los materiales geológicos que caracterizan el sistema.

En este Capítulo se describen, en primer lugar, las características litoestratigráficas de los materiales del área investigada y la extensión de sus afloramientos, así como, las relaciones existentes entre ellos. Esta información ha permitido definir las diferentes unidades hidrogeológicas y las condiciones de contorno del sistema hidrogeológico (Capítulo 4).

En segundo lugar, los datos estratigráficos y estructurales permiten establecer las regiones estructurales de la zona de estudio. En cada región se determinan las principales orientaciones de la fracturación que afectan a los materiales geológicos. Consecuentemente los rasgos estructurales permitirán definir en el siguiente Capítulo los diferentes dominios hidrogeológicos para el sistema hidrogeológico de la Mancha Oriental.

Por último se analizan los aspectos geomorfológicos más característicos de la zona de estudio (relieve y red fluvial). Estos aspectos que representan la expresión más superficial de la tectónica reciente, tal y como apunta Rincón y Vegas (1999), están íntimamente relacionados con la definición de las regiones estructurales que se han identificado.

### 3.2. Contexto geológico regional y evolución histórica

El área investigada se sitúa en una zona de confrontación entre las directrices de la Cordillera Ibérica al N, representada por la terminación meridional de la Rama Castellana, y el Prebético externo al S y SE. En la zona de confrontación aparecen la Cibertera Tabular de la Meseta (zona occidental), el macizo de Montearagón-Carcelén y fenómenos diapíricos (zona oriental), y la Llanura de Albacete-Cuenca (zona central) cuyos sedimentos fosilizan un accidentado relieve mesozoico. La Llanura de Albacete-Cuenca se comunica con la Llanura Manchega a través del denominado Corredor Manchego (Figura 3.1).

Como apunta Castaño (1999), no existe un acuerdo entre los diversos investigadores respecto a los límites de los dominios Ibérico y Bético aunque se debería situar en la zona donde las direcciones generales de los dos sistemas de plegamiento cambien. Es probable que la zona de confrontación se encuentre oculta por los materiales terciarios de la Mancha, sin que exista un límite neto de separación de los dos dominios (Jerez Mir, 1973).

No obstante, Vilas *et al.* (1982), indica que el tránsito entre la cordillera Ibérica a la Bética se puede producir mediante dos accidentes tectónicos de dirección ENE-OSO que delimitan la zona de Jumilla-Yecla (Figura 3.2).

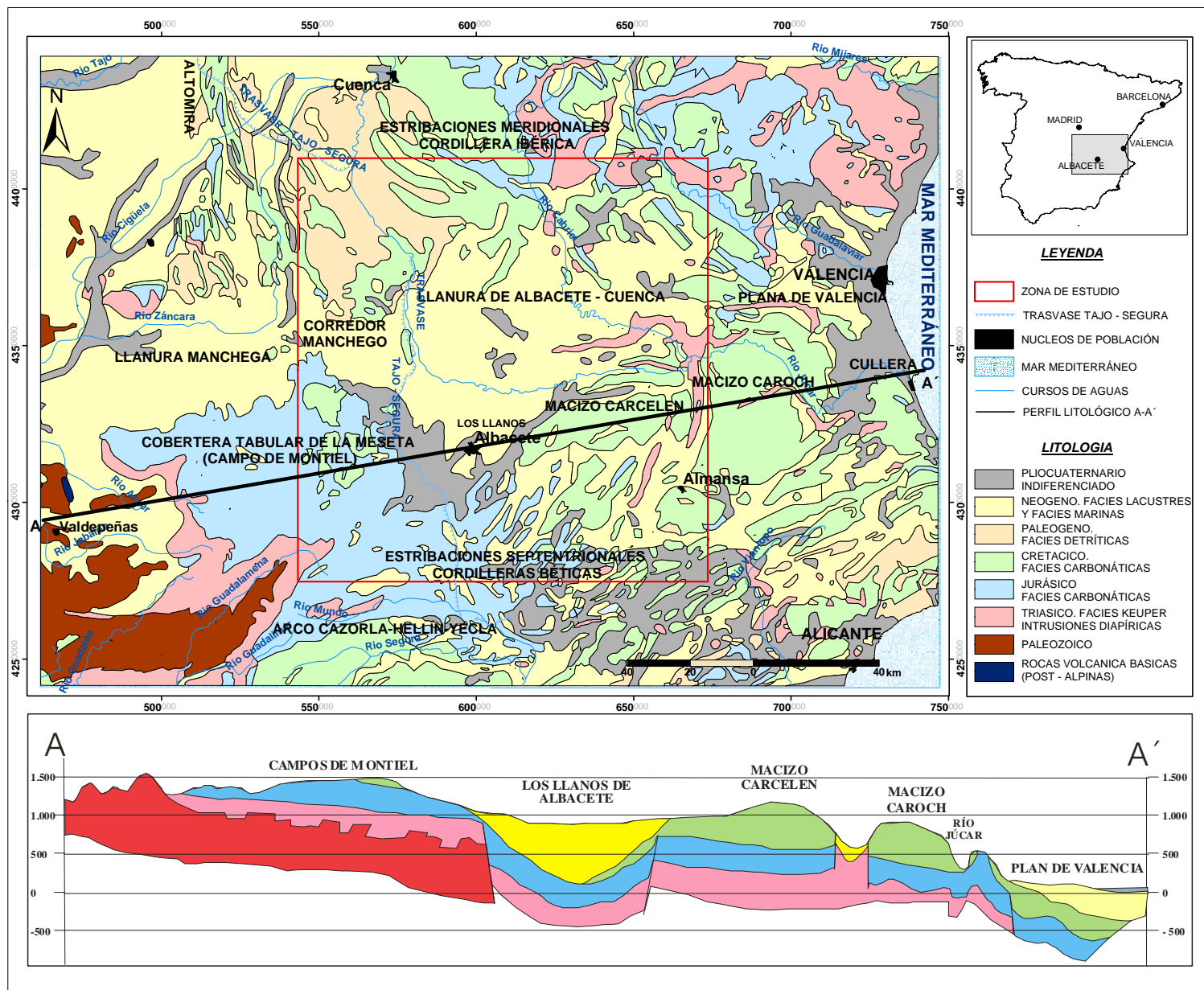


Figura 3.1. Mapa geológico regional y corte geológico Valdepeñas-Cullera.



Según Vilas (1990), los aspectos estructurales y geomorfológicos de la zona de estudio están condicionados por la historia geológica que ha sufrido esta región desde el comienzo del mesozoico hasta la actualidad. A su vez, estos aspectos establecen el comportamiento hidrogeológico actual del sistema de la Mancha Oriental.

Por tanto, a continuación se realiza una breve descripción de la historia geológica de la zona de estudio en función de la información bibliográfica. Como punto de partida de la historia geológica de la región estudiada se puede considerar el final de la Orogenia Hercínica (280 m.a.) que da lugar a un periodo de tranquilidad tectónica. Los relieves formados durante esta orogenia se erosionan y las estructuras que afectaron a los materiales paleozoicos condicionan la sedimentación mesozoica (Castaño, 1993).

El primer registro sedimentario conocido perteneciente al Mesozoico es la facies continental Buntsandstein (245 m.a.), y se compone de arenas, arcillas y conglomerados. Estos depósitos no afloran en la zona de estudio pero se han detectado a gran profundidad gracias a los sondeos de más de 2.000 m realizados para la prospección de hidrocarburos efectuados en Gabaldón, Ledaña, Carcelén y Salobral (Vilas, 1990) (Ver Figura 3.4).

Vilas (1990) apunta que la sedimentación continental se mantiene hasta que se produce la entrada del mar desde el E. En este episodio se depositan los materiales en facies Muschelkalk (236 m.a.) formados por depósitos carbonatados.

Una vez colmatada la cuenca por los depósitos marinos del Muschelkalk, la sedimentación dominante es continental o costera. La formación de extensas cuencas endorreicas sometidas a fuertes fenómenos de evaporación dan lugar a la sedimentación de materiales margoyesíferos en facies Keuper (231-210 m.a.) (Vilas, 1990). Estos materiales se encuentran a gran profundidad en todo el área de estudio y cuando afloran en superficie, lo hacen mediante fenómenos diapíricos, como puede observarse en localidades de Casas Ibáñez, Alpera y Ayora (Figura 3.4).

A partir de la transgresión de finales del Triásico superior hasta el Jurásico medio se instala una gran plataforma carbonatada somera. La entrada del mar de nuevo se produce desde el E por lo que los espesores mesozoicos aumentan su potencia hacia oriente (mar más profundo). Los materiales sedimentados son: a) margas e intercalaciones de calizas del Jurásico inferior (Lías 210-179 m.a.) y b) calizas del Jurásico medio (Dogger 179-152 m.a.) (Jerez Mir, 1973).

Como apunta Sánchez-Soria (1974) en su Tesis Doctoral, a lo largo del Dogger tiene lugar la primera fase preorogénica denominada neoquimérica produciéndose la fracturación tardihercínica del basamento paleozoico. A su vez, estas direcciones de fracturación delimitan la deposición posterior de los materiales del Malm y del Cretácico inferior (Arias, 1978).

Sobre los materiales del Jurásico medio se depositan los sedimentos margosos a muro y calizos hacia techo de edad Malm (152-131 m.a.) que presentan una extensión que se restringe hacia el O (Linares Girela, 1976).

Posteriormente se produce una retirada del mar hacia el E. Como consecuencia, parte de la zona de estudio quedó emergida, dando lugar a procesos de erosión y karstificación. El tiempo abarcado por ese periodo según Vilas (1990), es Kimeridgiense medio-Barremiense medio, es decir, una laguna estratigráfica de 21 m.a.

Durante el Cretácico inferior, Barremiense (116-113 m.a.), se reconoce un episodio tectónico de carácter distensivo provocado por procesos de rifting con punto triple en Valencia. El resultado fue la generación de fracturas de dirección NE-SO y la sedimentación de materiales epicontinentales de carácter margoso y arenoso (Castaño, 1993).

Seguidamente, continuó un periodo con sucesivas etapas de invasión marina desde el E que se produjo en el Aptiense (113-108 m.a.). Durante este tiempo los materiales depositados corresponden a una facies carbonática conocida como “Urgoniana” (Arias y

Fourcade 1977). Su representación se encuentra limitada a la zona oriental del área de estudio.

Sobre el anterior episodio carbonático comienza un periodo de tranquilidad tectónica situado en el Albiense inferior y medio (108-98 m.a.), donde se desarrolló una unidad terrígena caracterizada por sus cambios laterales de facies. Esta unidad se confunde, en muchas ocasiones, con las “arenas de Utrillas” (Arias *et al.*, 1979).

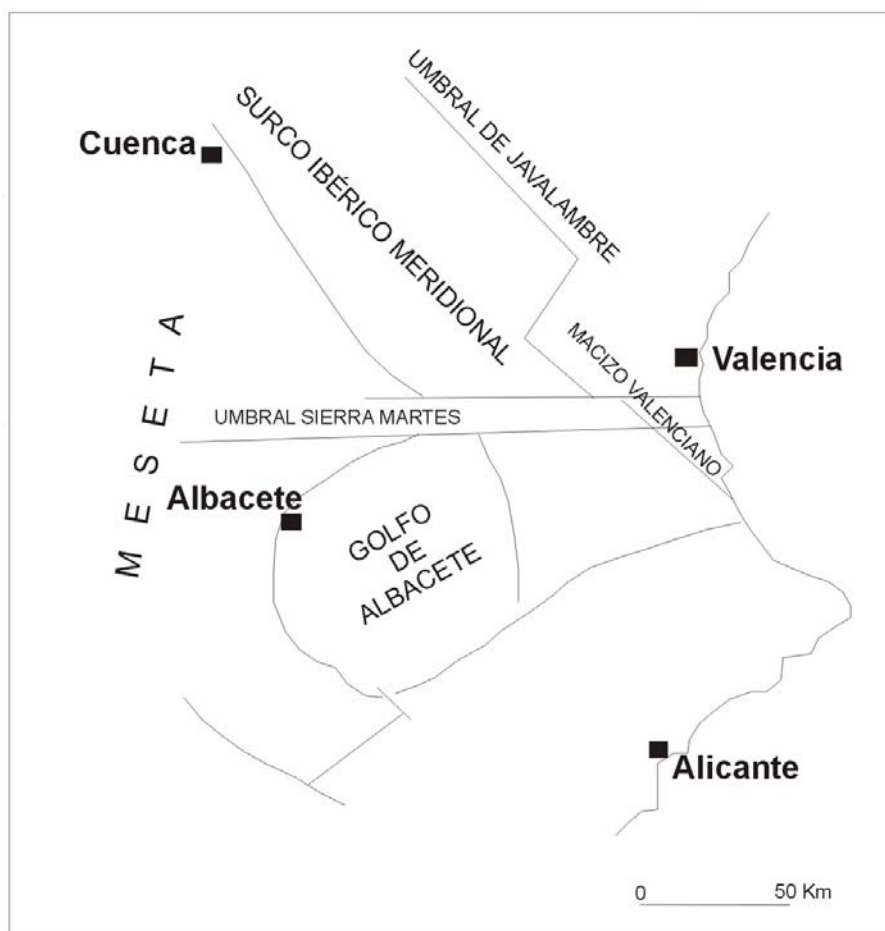
Posteriormente, la placa ibérica sufrió una gran elevación que ocasionó un enorme aporte de materiales terrígenos continentales de forma centrífuga, que llegó a cubrir la mayor parte de las cuencas cretácicas (Vilas *et al.*, 1982). A estos depósitos se los conoce como “Facies Utrillas” de edad Albiense superior (98-96 m.a.).

Sobre los sedimentos anteriores, durante el Cenomaniense hasta finales del Cretácico superior, se instala una plataforma epicontinental. Se produce una sedimentación de carbonatos en forma de cuñas de dimensiones kilométricas, cuya extensión queda restringida a la zona N y E del área de estudio (I.G.M.E., 1988f).

Al final de esta sedimentación carbonática, la placa ibérica basculó hacia el NO de forma que el mar entró desde el océano Atlántico. Según Vilas (1990), esta irrupción del mar occidental no llegó a conectar con la zona suroccidental del área de estudio. La representación litológica de este episodio consiste en calizas y dolomías de edad Turoniense-Senosense (95-65 m.a). Con la deposición de estos materiales termina la sedimentación mesozoica.

Para Vilas *et al.* (1982), durante el mesozoico existían dos depresiones cubiertas por el mar en las que se depositaban diversos sedimentos (Figura 3.2): el Surco Ibérico meridional al N y el Surco Bético al S. Entre ambos surcos existía un espigón de basamento rígido de la Meseta con reducida sedimentación y episodios importantes de exposición subaérea.

La respuesta de esta paleogeografía al episodio compresivo (Orogenia Alpina) de dirección de acortamiento N-S, que la mayoría de la bibliografía coincide en señalar de edad Serravalliense superior-Tortonense inferior, generó que los materiales sedimentados en los surcos se plegasen y elevasen. El resultado fue al N, la Cordillera Ibérica, y al Sur, la Cordillera Bética. En el espigón intermedio de basamento rígido y estable, que en la actualidad ocupa la “Cobertera Tabular de la Meseta”, se produjo una intensa fracturación con movimientos verticales respetando la horizontabilidad de los materiales (Vilas, 1990). Todo este periodo abarca unos 41 m.a. donde no existe sedimentación alguna.

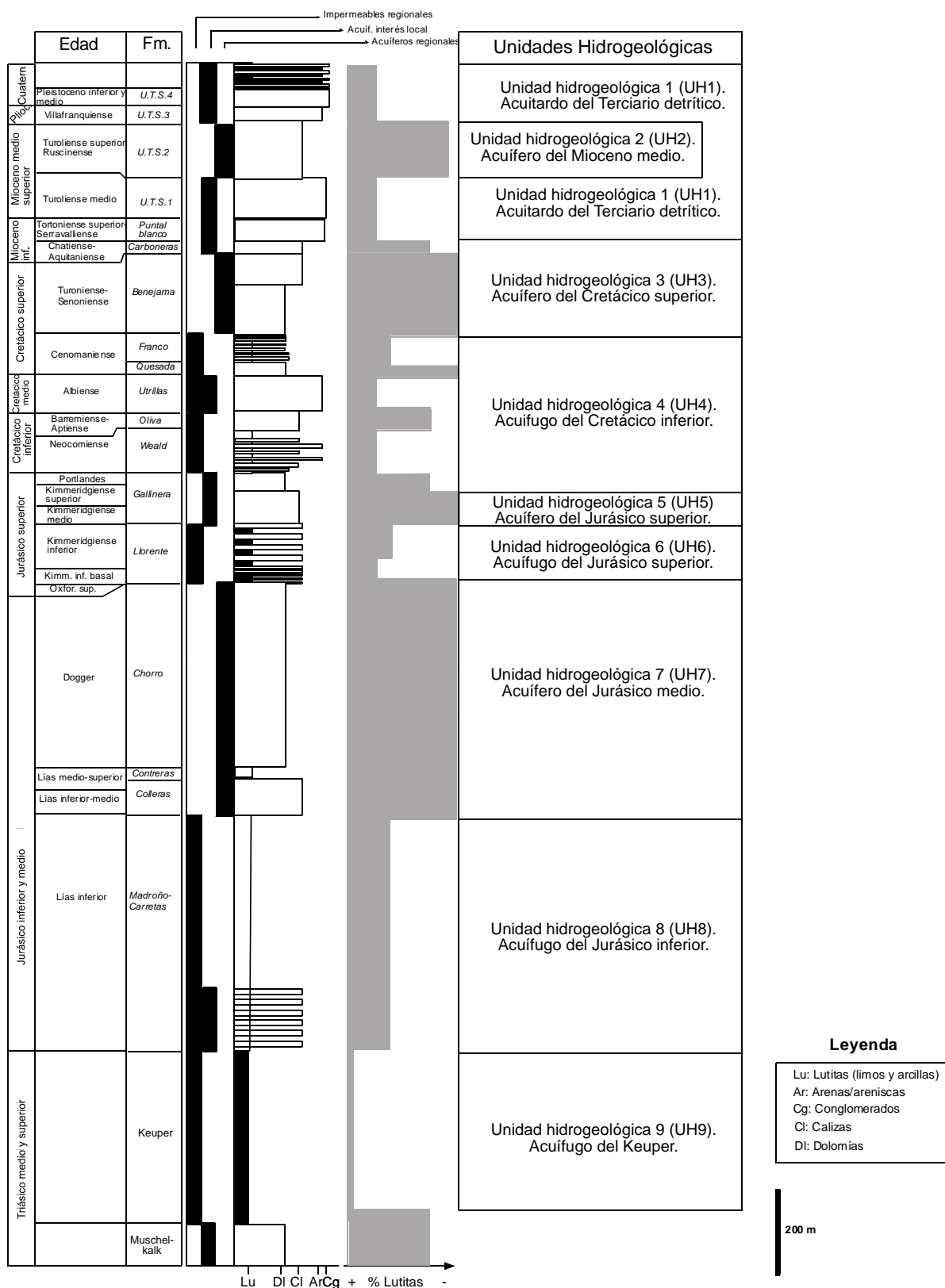


**Figura 3. 2. Esquema paleogeográfico de la región levantina para el Cretácico. Tomado de Vilas *et al.*, 1982.**

Finalmente, durante el Neógeno superior comienza la evolución postorogénica, provocando una distensión con subsidencia diferencial en bloques a lo largo de diversas etapas. Las depresiones generadas, como la cuenca del Júcar, Cabriel o Los Llanos de Albacete, se rellenan secuencialmente por materiales continentales (materiales detríticos, calizas lacustres) que permanecen inalterados tectónicamente (Ordóñez *et al.*, 1975).

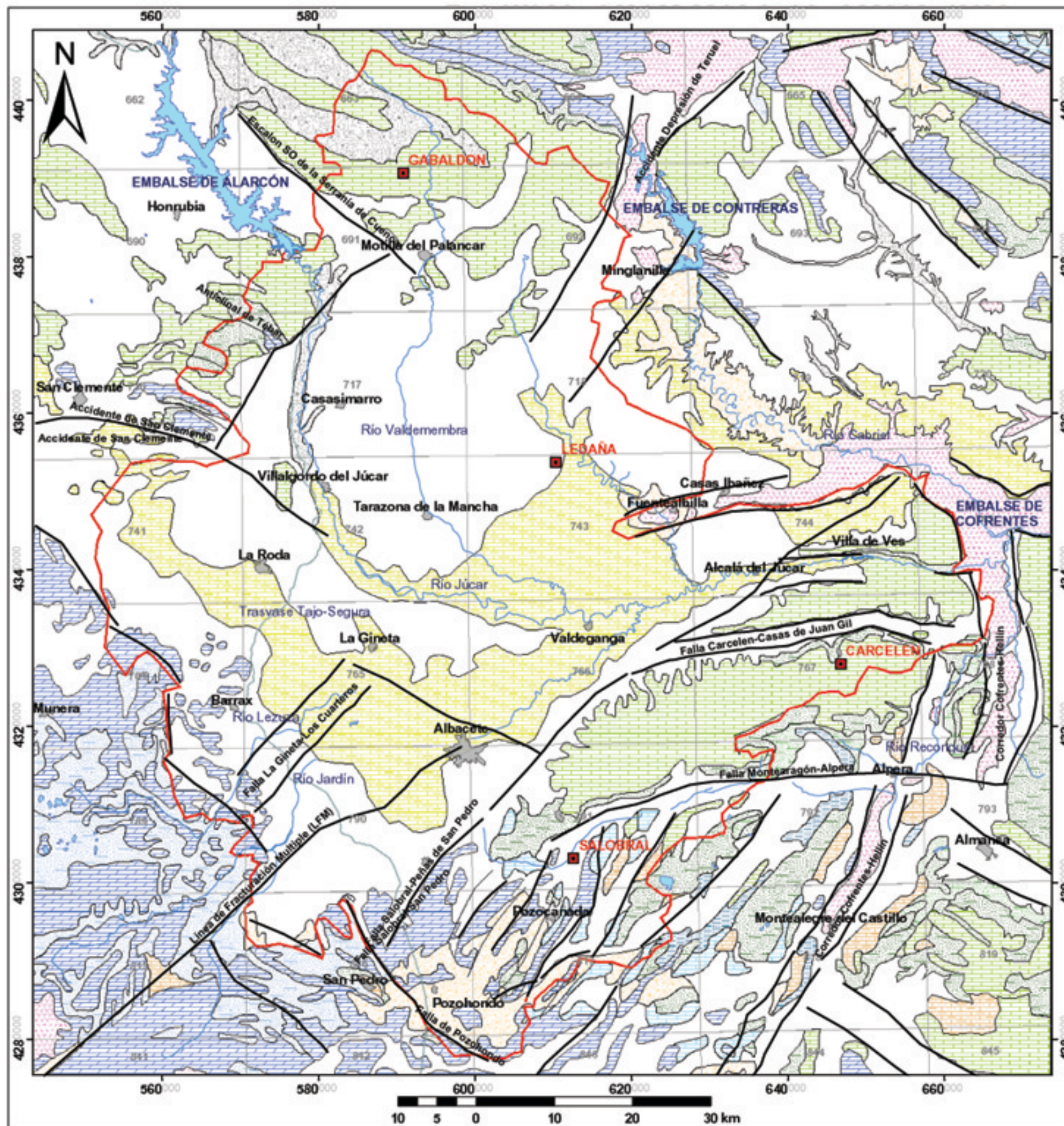
### **3.3. Litoestratigrafía del área de estudio**

En el área de estudio afloran materiales del Mesozoico, Terciario e importantes extensiones de depósitos Pliocuatrnarios. La columna sintética general se observa en la Figura 3.3 y la distribución espacial de los materiales aflorantes se muestra en la Figura 3.4. La descripción de los depósitos presentes en el área investigada se detalla a continuación prestando especial atención a la litología, equivalencias regionales, afloramientos, extensión en profundidad, espesores y su posible comportamiento desde el punto de vista hidrogeológico.



**Figura 3.3. Columna estratigráfica sintética. Utilizada en el “Estudio Hidrogeológico Alto Júcar–Alto Segura”, IGME (1979). Modificada de (Fourcade, 1970).**





## DOMINIOS ESTRUCTURALES



- Accidentes tectónicos (fallas)
- Cursos de agua
- Trasvase Tajo-Segura
- Sondeos prospección hidrocarburos
- Núcleos de población
- Masas de agua superficial
- 790 Hojas 1:50.000
- Límite Sistema Hidrogeológico

EDAD	LITOLOGÍA	U.H.
TERCIARIO	Arenas y arcillas	UH1
	Conglomerados, arenas y arcillas	
	Gravas y arenas	
CRETÁCICO	Biocalcarentitas marinas. (Fuera del sistema hidrogeológico)	UH2
	Calizas margosas. Mioceno Pontense. (Materiales de alta permeabilidad)	
	Calizas y dolomías. Formación Benejama. (Materiales de alta permeabilidad, impermeables hacia muro)	UH3
	Arenas verdicóreas. "Facies Utrillas" (Materiales semipermeables)	UH4
JURÁSICO	Arenas y arcillas con yesos. "Facies Weald" (Materiales impermeables)	
	Calizas. Formación Gallinera. (Materiales de alta permeabilidad)	UH5
	Margas con niveles calcáreos. Formación Lorente. (Materiales impermeables)	UH6
	Dolomías y calizas masivas. Formación Colares-Chorro. (Altísima permeabilidad)	UH7
TRIÁSICO SUPERIOR	Margas, arcillas y yesos. Formación Madroño y Carretas. (Materiales impermeables)	UH8
	Yesos y arcillas con camolias a techo. Facies Keuper. (Materiales impermeables)	UH9

**FIGURA 3.4**

MAPA GEOLÓGICO SIMPLIFICADO.  
SISTEMA HIDROGEOLÓGICO MANCHA ORIENTAL  
MODIFICADO DE (IGME, 1980)



### 3.3.1. Triásico

Los materiales de edad Triásico que afloran en el área de estudio se asocian a estructuras diapíricas y están compuestos por la facies Muschelkalk y Keuper. Según Villar García (1989) no existen afloramientos de la facies Bundsandstein en el entorno de la zona de estudio, a pesar de que se encuentran cartografiados en el mapa geológico de Alpera nº 792 (I.G.M.E., 1980d). Según dicho autor estos materiales corresponden en realidad a la facies Keuper.

A continuación se describen los materiales del Triásico medio en facies Muschelkalk y del Triásico superior en facies Keuper.

#### □ *Facies Muschelkalk*

Los sedimentos de la facies Muschelkalk están compuestos por dolomías arcillosas, calizas dolomíticas arcillosas y margas. Suelen estar incluidos en los materiales plásticos margoyesíferos en facies Keuper del Triásico superior. Su potencia es irregular oscilando entre 70-120 m (Sopeña *et al.*, 1990).

El comportamiento de estos materiales como acuífero es potencialmente óptimo, ya que al estar incluidos en los materiales margoyesíferos del Keuper recibe aportes de sulfatos que favorecen la disolución de los materiales carbonatados. Sin embargo, estos materiales no se consideran acuíferos dentro del sistema hidrogeológico porque siempre quedan incluidos dentro y debajo de la facies Keuper (IGME, 1979), que como se explicará a continuación, constituye uno de los límites impermeables del sistema.

#### □ *Facies Keuper*

Los materiales en facies Keuper están formados por una serie de afloramientos margoyesíferos. La estructura de estos afloramientos son anticlinorios altamente fracturados en la mayoría de los casos. En el núcleo de dicha estructura aparecen los materiales en facies Muschelkalk y en los bordes en facies Keuper. El contacto entre estos materiales es siempre de tipo mecánico como consecuencia de la compleja tectónica que afecta a estos materiales (Villar García, 1989).

Según la nomenclatura de Ortí Cabo (1974) se reconocen cinco unidades con rango de Formación. Estas formaciones de techo a muro son:

- Formación “Yesos de Ayora”
- Formación “ Arcillas yesíferas de Quesa”
- Formación “Arcillas de Cofrentes”
- Formación “Areniscas de Manuel”
- Formación “Arcillas y Yesos de Jarafuel”

No ha sido posible la diferenciación de todas las formaciones en la zona de estudio, bien por la complejidad tectónica o bien por los diferentes cambios de facies en cada zona en concreto. Según I.G.M.E. (1988a, f), la sucesión estratigráfica general es:

a) una unidad basal formada por yesos estratiformes y masivos con areniscas y arcillas versicolores cuya potencia oscila entre 50 y 100 m, b) unidad de arcillas y areniscas que en sucesión continúa sobre la unidad anterior está compuesta por arcillas y areniscas de grano fino de potencias muy variables (hasta 200 m). Por último, c) concordante con la unidad anterior se encuentra una serie de depósitos formados por arcillas rojas, a veces vinosas y verdes, alternando con yesos rojos y blancos. Su potencia es muy difícil de evaluar, oscilando entre 100 y 200 m. El aspecto de campo de esta unidad se puede observar en al Foto 1; Anexo III.

Cabe destacar que, a techo de esta serie, aparecen unos materiales carbonatados constituidos por dolomías y carniolas estratificadas en algunos casos y, masivas con aspecto brechoide en otros. A esta unidad se le atribuye una edad Triásico superior y su potencia varía entre 10 y 50 m. Estos materiales afloran en la zona de Casas Ibáñez y no aparecen en otros sectores por lo que se pueden considerar como aislados.

Los afloramientos del Triásico medio se localizan en cuatro sectores dentro de la zona de estudio (Figura 3.4.). En el sector N, el Triásico medio aflora a lo largo de una franja próxima de orientación N-S e incluso NO-SE (I.G.M.E., 1979b). En el sector central, localidades de Casas Ibáñez y Fuentealbilla, aparecen en una franja con una orientación

E-O que se acuña hacia el O hasta desaparecer (I.G.M.E., 1979c, 1980b). El siguiente sector donde aflora, esta vez con una dirección de alineamiento N-S, es en el entorno de las hojas geológicas nº 745 y 768 (I.G.M.E., 1979d, 1980c). Por último, estos materiales se alinean con dirección NE-SO en el entorno de las hojas geológicas nº 792 y 818, (I.G.M.E., 1980d).

La existencia de estos depósitos en todo el sistema a gran profundidad también queda demostrada a partir de los datos gravimétricos aportados por Castaño (1993) y por los resultados obtenidos en los 4 sondeos (Ledaña, Carcelén, Gabaldón y Salobral), de unos 2.000 m. de profundidad realizados por los operadores ENPENSA y TENNECO entre 1967 y 1973, para la prospección de hidrocarburos (Figura. 3.4).

La potencia de los materiales del Keuper es irregular, unos 900 m en el S y N del sistema hidrogeológico de la Mancha Oriental (Sondeos Gabaldón y Salobral) y, apenas 400 m en el E (Sondeos Ledaña y Carcelén). Las potencias de los materiales de la facies Muschelkalk varían entre los 100-300 m. Los materiales del Buntsandstein se reconocen en los cuatro sondeos sin que se pueda determinar su potencia.

El comportamiento hidrogeológico de los materiales del Keuper sobre la base de las características litoestratigráficas se puede concretar como el de impermeable regional. En las zonas donde aflora el Keuper a favor de accidentes constituye una barrera impermeable que impide la salida de las aguas subterráneas hacia otros sistemas hidrogeológicos.

### 3.3.2. Jurásico

Los materiales de edad Jurásico en general son de carácter carbonatado y margoso, aunque los términos inferiores son margoyesíferos. Todo el conjunto jurásico queda afectado por una línea de fracturación, en adelante LFM (Línea de Fracturación Múltiple), de dirección SO-NE. Con una anchura de unos 10 km se estima que se extiende aproximadamente, desde la sierra de Alcaraz hasta los afloramientos del Trías de Casas Ibáñez pasando por la ciudad de Albacete. La LFM provoca una discontinuidad lateral de las capas (Jerez Mir, 1973). Por otro lado, las condiciones de sedimentación a uno y otro lado de la LFM son distintas, teniendo los materiales acuíferos distintas características hidrogeológicas (I.G.M.E., 1988a).

Los materiales jurásicos presentes en el área de estudio son correlacionables en gran medida con las unidades litoestratigráficas definidas por Fourcade (1970) para el Prebético externo, y las definidas por Goy *et al.* (1976) para la Rama Castellana de la Cordillera Ibérica. No obstante, como señala Rodríguez Estrella (1981) en su análisis “Paleogeografía de la zona Prebética durante el Jurásico” se pueden diferenciar por los procesos de dolomitización posteriores (Figura 3.5).

A continuación se describen la composición y disposición espacial de los materiales jurásicos siguiendo la denominación de las formaciones geológicas realizadas por Fourcade (1970), y utilizadas por García-Rodríguez y Pendas durante el “Estudio Hidrogeológico de la comarca Cazorla-Hellín-Yecla, 1969-1971”,

Por lo general, los depósitos jurásicos se encuentran tanto al N como al S de la zona de estudio. En la parte más septentrional estos depósitos se hallan generalmente alineados en bandas de dirección NO-SE, y en la zona meridional, alineados en franjas de dirección NE-SO (Figura 3.4).

EDAD		Unidades litoestratigráficas definidas para el Jurásico de la Cordillera Ibérica. (Goy <i>et al.</i> 1976)				CORRELACIÓN	Terminolog. de Fourcade (1970) para el borde del Prebético Externo y empleada en el Estudio Hidrogeológico Alto Júcar-Alto Segura (IGME, 1979a)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
TRIÁS. SUP. NOR.	JURÁSICO INFERIOR.		JURÁSICO SUPERIOR.	JURA MEDIO. AALEN. CALOV.	KIMMERID. PORTLAND.	OXFORD.	Grupo TURIA																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
	HELTANG. SINEMUR.	TOARCIENSE						PLIENSCHACH.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
	Grupo RENALES	Fm. CALIZAS Y DOLOMIÁS TABLEADAS DE CUEVAS LABRADAS	Mb. DOLOMIAS, CALIZAS Y MARGAS VERDES				Fm. QUESADA																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
			Mb. CALIZAS Y DOLOMIAS MICROCRISTALINAS				Fm. GALLINERA																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
							Fm. LORENTE																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
		Fm. CARNIOLAS DE CORTES DE TAJUNA	Mb. CARNIOLAS					Fm. CHORRO																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
			Mb. BRECHAS DE ASPECTO MARGOSO						Fm. CONTRERAS																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
									Fm. COLLERAS																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
		Fm. DOLOMIAS TABLEADAS DE IMON							Fm. MADROÑO																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
	Grupo ABLANQUEJO	Fm. ALTERNANCIA DE MARGAS Y CALIZAS DE TURMIEL	Mb. MARGAS Y MARGO CALIZAS																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							</

**Figura 3.5. Diagrama de correlación entre las unidades litoestratigráficas del formalas definidas para el Jurásico de la Cordillera Ibérica (Goy *et al.*, 1976) y la terminología definida por (Fourcade, 1970), para el Jurásico del borde del Prebético externo, empleadas en (I.G.M.E., 1979a).**

#### ❑ *Formación Carretas*

Su edad es Lías inferior (Infralías). Su equivalencia en la Rama Castellana de la Cordillera Ibérica son las formaciones “*Dolomías tableadas de Imón*” y “*Carniolas de Cortes de Tajuña*” (Goy *et al.*, 1976) (Figura 3.5).

A pesar de que estos materiales no afloran en el área de estudio es interesante describirlos por estar localizados en las columnas litológicas de sondeos recopiladas durante el inventario de puntos de agua. Están compuestos por dos tipos de facies que se pueden diferenciar en función de su posición respecto a la LFM (I.G.M.E., 1988a).

Al SE de la LFM estos materiales están constituidos por facies evaporíticas (anhidrita y sal) que alcanzan una potencia máxima hacia el centro del sistema hidrogeológico. Al NO están constituidos por calizas y dolomías con arcillas rojas y verdes intercaladas.

Las potencias que presenta esta formación son variables. En el sector occidental no alcanza los 150 m mientras que en el sector oriental supera los 500 m. Su capacidad potencial como acuífero varía según la zona ya que presenta marcados cambios de facies. En efecto, puede presentarse como materiales permeables a escala local en el sector occidental (fuera del sistema hidrogeológico), y como materiales impermeables (facies evaporíticas) en el interior del sistema hidrogeológico.

#### □ **Formación Madroño**

Su edad es Lías medio-superior. Como se aprecia en la Figura 3.5 su equivalencia en la Rama Castellana de la Cordillera Ibérica es la Formación “*Calizas y dolomías tableadas de cuevas labradas*” (Goy *et al.*, 1976).

Esta formación se compone de una facies carbonática-arcillosa con predominio de los materiales margosos que hacia el centro del sistema pasa a depósitos más evaporíticos, en estas zonas forma un conjunto homogéneo con la formación infrayacente (Triásico en facies Keuper) de la cual es difícil de diferenciar. El aspecto de campo de esta Formación se observa en la Foto 2; Anexo III.

Estos materiales afloran en las cuencas del río Jardín y Lezuza, y se pueden encontrar en profundidad hacia la parte oriental del área de estudio. Su potencia varía en función de su posición respecto a la LFM. Al NO de la citada línea la potencia no supera los 400 m mientras que, al SE, en el entorno del Prebético externo, puede llegar a alcanzar los 1.000 m. Debido a su carácter predominantemente margoso se considera como impermeable a efectos hidrogeológicos constituyendo por tanto, el límite lateral impermeable del acuífero en la zona O y SO y, el impermeable de base de todo el sistema hidrogeológico.

#### □ **Formación Colleras**

Su edad es Lías superior. No se encuentra ningún equivalente litológico claro dentro de las formaciones definidas por Goy *et al.* (1976) en la Rama Castellana de la Cordillera Ibérica. No obstante, su equivalente temporal puede ser el Grupo “Ablanquejo” (I.G.M.E., 1988d) (Figura 3.5).

Litológicamente se trata de calizas oolíticas de color pardo-rojizo que localmente pueden ser dolomías. Presenta una elevada porosidad secundaria por efecto de los procesos diagenéticos, mostrando un alta karstificación en el sector SE (I.G.M.E., 1988a). El aspecto de campo de esta Formación se observa en la Foto 3; Anexo III.

Las potencias de estos materiales varían de unos 40 a 150 m desapareciendo hacia el borde meridional del sistema. En base a sus características litológicas y a los procesos de karstificación sufridos, esta formación se considera muy permeable desde el punto de vista hidrogeológico.

#### □ **Formación Contreras**

Su edad es Dogger. Está constituida por un nivel de margas, arcillas y dolomías arcillosas constante de 10-30 m de potencia. Constituye un nivel impermeable cuya escasa potencia no impide la comunicación hidráulica entre las formaciones “Colleras y Chorro”.

#### □ **Formación Chorro**

Su edad es Dogger. No existe ningún equivalente litológico en la división del Jurásico establecida por Goy *et al.* (1976) para las unidades definidas en la Rama Castellana de la Cordillera Ibérica, aunque estos materiales coinciden temporalmente con el Miembro de “calizas nodulosas de Casinos” y la capa de oolitos ferruginosos de Arroyo Frío de la Formación carbonatada de “Chelva”. Esta última capa oolítica es equivalente al nivel de “Hardground” que se desarrolla a techo de esta Formación (IGME, 1988a) (Figura 3.5).

Esta Formación está compuesta por dolomías cristalinas romboédricas masivas muy fracturadas en el sector meridional de la zona de estudio que pueden pasar a calizas microcristalinas y dolomías rojizas hacia zonas más septentrionales (I.G.M.E., 1979a). El aspecto de campo de esta Formación se observa en la Foto 4; Anexo III.

Estos materiales afloran tanto al N como al S de la zona de estudio. En la parte más septentrional se hallan alineados en bandas de dirección NO-SE, generalmente en los núcleos de los anticlinales mientras que, en la zona meridional se encuentran alineados en franjas de dirección NE-SO (Figura 3.4).

La potencia de estos materiales, obtenida en las columnas litológicas de los sondeos, indica un aumento hacia la zona oriental del sistema hidrogeológico. Las potencias en el límite occidental no superan los 100 m mientras en el sector central del área de estudio superan los 500 m.

Los procesos de dolomitización, fracturación y karstificación que se han desarrollado sobre estos materiales calcáreos son los responsables de la elevada porosidad secundaria que presentan. Esta formación es considerada un excelente acuífero debido a la elevada porosidad secundaria presente en toda su extensión dentro del sistema y por su considerable potencia (I.G.M.E., 1979a).

#### □ **Formación Lorente**

Su edad es Malm (Oxfordiense superior-Kimeridgiense inferior). Siguiendo la definición de unidades establecidas por Goy *et al.* (1976) en la Rama Castellana de la Cordillera Ibérica, la Formación Lorente puede quedar definida dentro de las formaciones “*Ritmita calcárea de Longuinilla*” y “*Margas de Sot de Chera*” (Figura 3.5).

Los materiales que constituyen esta formación se caracterizan por un tramo basal calizo con abundante fracción arenosa seguido de areniscas pardas con cemento calcáreo y margas de color blanco que pasa a gris verdoso. Esta formación sólo está presente en la zona E del sistema a partir de una línea imaginaria que cruza Albacete-Tarazona-Motilla



(I.R.Y.D.A., 1993). El aspecto de campo de esta unidad se observa en la Foto 5; Anexo III.

La potencia de esta formación es variable, 50 m en el sector central y 200 m en la parte más oriental de la zona de estudio. Por su litología predominantemente margosa se trata de una formación impermeable.

#### □ **Formación Gallinera**

La edad de esta formación es Malm (Kimeridgiense medio-superior y Portlandiense inferior). Según la clasificación de unidades establecida por Goy *et al.* (1976) para el Sistema Suroccidental Ibérico se corresponde con la Formación “*Calizas Oncolíticas de Higuera*” (Figura 3.5).

La Formación Gallinera está constituida por calizas micríticas que localmente pueden presentarse como dolomías, masivas en algunos casos, y pisolíticas en otros. Estos materiales sólo están presentes en el S y el E del sistema con potencias medias de 100 m y desaparecen hacia la zona central del sistema (I.R.Y.D.A., 1993). El aspecto de campo de esta unidad se observa la Foto 6; Anexo III.

Debido a sus características litológicas esta formación presenta interés como acuífero local. Las conexiones hidráulicas con las formaciones infrayacentes (Colleras-Chorro) se establecen a partir de saltos de falla. La conexión vertical queda descartada debido a la potencia de la serie acuitada de la Formación Lorente, que se aproxima a los 200 m (I.R.Y.D.A., 1993).

### 3.3.3. Cretácico

El tránsito Jurásico-Cretácico es difícil de establecer ya que existe una laguna estratigráfica de 21 m.a entre el Kimeridgiense medio (Malm) y el Barremiense (Cretácico inferior) (Arias, 1978 y Rodríguez Estrella, 1982). Los materiales cretácicos se apoyan de manera discordante sobre los depósitos del jurásico, previamente erosionados y karstificados. Los depósitos del Cretácico superior actúan como acuífero cuando se encuentran por debajo de la superficie piezométrica mientras que, los sedimentos del Cretácico inferior y medio, se comportan como acuitardos e incluso acuífugos en función de su litología y estado de confinamiento.

El análisis de las columnas litológicas de los sondeos sugiere que los depósitos cretácicos están bien representados en el sector oriental y no se localizan en el sector suroccidental del sistema. Señalar que el depósito de la “Facies Utrillas” rellena los surcos desarrollados durante los movimientos neoquiméricos en los materiales jurásicos. Estas observaciones están de acuerdo con los estudios de Aracil Avila y Vilas (1987) y Aracil Avila (1990, 1991).

En la Figura 3.6. se muestran las equivalencias entre las unidades litoestratigráficas del Cretácico del “Sistema Suroccidental Ibérico” según Vilas *et al.* (1982), y la nomenclatura del Prebético externo (Fourcade, 1970), usada en el “Estudio Hidrogeológico Alto Júcar–Alto Segura” (I.G.M.E., 1979a). Siguiendo la nomenclatura de Fourcade (1970), su descripción detallada es la siguiente:

SANTONIENSE	Fm. CALIZAS Y BRECHAS CALCAREAS DE LA SIERRA DE UTIEL	Fm. BENEJAMA
CONIACENSE	Fm. MARGAS DE ALARCON	
TURONENSE	Fm. DOLOMÍAS DE LA CIUDAD ENCANTADA	
CENOMANENSE	Fm. DOLOMÍAS TABLEADAS DE VILLA DE VES	Fm. FRANCO
	Fm. DOLOMÍAS DE ALATOZ	
	Mm. MARGAS DE CHERA	Fm. QUESADA
ALBIENSE	Fm. ARENAS DE UTRILLAS (FACIES UTRILLAS)	FACIES UTRILLAS
APTIENSE	Mm. CALIZAS DE MALACARA (FACIES URGONIANAS)	Fm. OLIVA
BARREMIENSE	Fm. ARCILLAS DE CONTRERAS (FACIES WEALD)	FACIES WEALD
HAUTERIVIENSE VALANGINIENSE	Fm. CALIZAS DE HUERQUINA (FACIES PURBECK)	
Unidades litoestratigráficas establecidas para el Cretácico del "Sistema Suroccidental Ibérico" (Vilas <i>et al.</i> , 1982)		Termin. de Fourcade (1970) para el Cretácico del borde del Prebético Externo y empleada en "Alto Júcar-Alto Segura" (IGME, 1979a)

**Figura 3. 6. Equivalencias entre las unidades litoestratigráficas del Cretácico del "Sistema Suroccidental Ibérico" (según Vilas *et al.*, 1982) y la nomenclatura del Prebético externo (Fourcade, 1970) usada en el "Estudio Hidrogeológico Alto Júcar–Alto Segura" (IGME, 1979).**

El Cretácico inferior y medio se puede dividir en dos facies que de muro a techo son "Facies Weald" y "Facies Utrillas". Están separadas por una discordancia erosiva y probablemente angular (García Abbad, 1975).

#### □ *Facies Weald*

Corresponde con los materiales depositados entre el Barremiense inferior y Aptense basal. En el sector S-SE son facies continentales, lacustres y fluviales, y hacia el E

pasan a facies marinas. En el sector occidental del área de estudio no existe registro de esta facies en los sondeos. La “Facies Weald” está compuesta por arcillas y arenas que en ocasiones presentan abundantes yesos dispersos (Gómez-Alday *et al.*, 2004). El aspecto de campo de esta unidad se observa en la Foto 7; Anexo III.

En el sector N estos materiales afloran en el entorno de las hojas geológicas nº 717, 716, 691, 690 (I.G.M.E., 1976a, 1988b) (Figura 3.4). Están compuestos por materiales arcillosos y arenosos con intercalaciones de calizas y lutitas. Estos sedimentos son interpretados en la hoja 717 de Quintanar del Rey (I.G.M.E., 1988b), como facies de lagoon, estuarios y llanura costera. Suele tener una potencia de 0-100 m que desaparece hacia el O y el S del sistema hidrogeológico.

A techo de esta facies aparecen materiales carbonatados (calizas micríticas) con abundantes Toucasias de edad Aptense s.l. Estas calizas son conocidas como “Facies Urgoniana” y únicamente se encuentran en la zona E disminuyendo su espesor hacia el O (Arias *et al.*, 1979). Dentro de la clasificación de Fourcade (1970), a esta unidad se la conoce como Formación Oliva.

Sobre los materiales carbonatados anteriores se superpone una unidad, de edad Albiense inferior, predominantemente terrígena (arcillas y arenas) que presenta importantes cambios laterales de facies. Estos depósitos se confunden en ocasiones con la formación “arenas de Utrillas” (Vilas, 1990).

Todo este conjunto tiene una extensión limitada a la zona más oriental del sistema. Sus potencias oscilan entre los 50 y 200 m. Debido a su carácter predominantemente arcilloso-margoso se considera a este conjunto impermeable a efectos hidrogeológicos.

#### □ ***Facies Utrillas***

Comprende el piso Albense s.l. Esta facies está compuesta por sedimentos continentales fluviales. A muro son frecuentes los términos conglomeráticos que pasan gradualmente a niveles más arenosos de tonos versicolores con intercalaciones de lutitas (Aracil Avila, 1990). El aspecto de campo de esta unidad se observa en la Foto 8; Anexo III.

Su potencia oscila entre unos 40 y 100 m con variaciones importantes de unos sectores a otros. Desde el margen derecho del río Júcar, en el entorno de la localidad de La Roda, hasta el Campo de Montiel, estos materiales se caracterizan por aparecer tapizando los surcos que dejan los materiales jurásicos (Aracil Avila y Vilas, 1987). A efectos hidrogeológicos esta facies puede actuar como semipermeable (Acuitardo).

### ***Cretácico superior***

El Cretácico superior tiene una extensión limitada en el sistema hidrogeológico. No existe en el borde occidental del sistema y se deposita concordantemente en la mayoría de los casos sobre el Cretácico inferior y medio. De muro a techo está formado por las siguientes formaciones:

#### **□ *Formación Quesada y Franco***

Su edad es Cenomaniense–Coniaciense. Según la clasificación de unidades para el Sistema Suroccidental Ibérico establecido por Vilas *et al.* (1982), correspondería con las formaciones “*Margas de Chera*”, “*Dolomías de Alatoz*” y “*Dolomías tableadas de Villa de Ves*” (Figura 3.6).

La sucesión litoestratigráfica comienza a muro con dolomías que sólo se hallan en la zona septentrional del sistema. Seguidamente, aparecen dolomías arcillosas amarillentas con intercalaciones calcáreas y margas verdes, con potencias de entre 20-100 m, que no aparecen en el O ni en el S del sistema (Linares Girela y Rodríguez Estrella, 1975). Su comportamiento hidrogeológico se puede considerar impermeable dado su carácter predominantemente margoso.

#### **□ *Formación Benejama***

Esta formación tiene una edad que se encuentra entre el Turonense–Senosense. Según la clasificación de unidades establecidas para el Sistema Suroccidental Ibérico por Vilas *et al.* (1982), correspondería a las formaciones “*Dolomías de la Ciudad encantada*”, “*Margas de Alarcón*” y “*Calizas y brechas calcáreas de la Sierra de Utiel*” (Figura 3.6).

Todo el conjunto está formado por dolomías masivas a muro, y calizas grises con alguna intercalación margosa a techo. La extensión superficial de estos materiales queda restringida a la zona N y E del sistema (I.G.M.E., 1988a). La diferencia existente entre estos materiales en la parte Ibérica y la Prebética consiste en la mayor dolomitización de los niveles calizos en el dominio Prebético (Rodríguez Estrella y Martínez Lainez, 1971). El aspecto de campo de esta Formación se observa en la Foto 9; Anexo III.

Su potencia varía entre los 30 y los 170 m. Esta variación de potencia se explica no sólo por el medio sedimentario de depósito, sino a los procesos erosivos del techo de esta formación. En función de sus características litoestratigráficas y los procesos de fracturación, erosión y karstificación, esta formación se considera acuífero desde el punto de vista hidrogeológico.

### 3.3.4. Terciario

Los materiales terciarios están representados en dos sectores dentro de la zona de estudio. Por un lado, los depósitos de origen continental, que aparecen mayoritariamente en la zona central del sistema hidrogeológico y constituyen el relleno de las depresiones de Los Llanos, río Júcar y río Cabriel, y por otro, los depósitos de carácter marino que aparecen en afloramientos de reducida extensión en la zona S y SE, como apunta Calvo (1978) (véase Figura 3.4). Debido a la escasa representación de los materiales terciarios marinos en la zona de estudio, no se realizará una descripción estratigráfica detallada, pudiéndose observar ésta en (Calvo, 1978).

El terciario continental se caracteriza por un registro sedimentario complejo resultado de su distribución espacial, génesis de los depósitos y variedad litológica. Esta complejidad sedimentaria es consecuencia de la inestabilidad tectónica postcretácica. El resultado de las estructuras en bloques, la disposición estructural en cubetas y la ausencia de depósitos cretácicos en determinados sectores, crea incertidumbres en el levantamiento de la serie terciaria. Los problemas residen por una parte en identificar el contacto Cretácico-Terciario y por otra, en la falta de conocimiento de si los depósitos premiocenos fueron erosionados o existen resguardados en zonas deprimidas (I.G.M.E., 1988a).

Los depósitos terciarios se disponen de forma extensa en el interior del sistema y fosilizan un accidentado paleorelieve mesozoico. El depocentro de la cuenca se sitúa en la zona central del sistema hidrogeológico, en las proximidades del río Júcar, donde las potencias de estos sedimentos alcanzan más de 300 m.

Tanto las cuencas terciarias del Júcar y Cabriel como los Llanos de Albacete presentan unos límites difusos respecto a los materiales terciarios y aparecen de una u otra forma ligadas en el tiempo. Esta relación ha permitido establecer distintas secuencias de relleno en la vertical así como, una estratigrafía y correlación de los materiales que la integran (I.G.M.E., 1988a). En la Figura 3.7 se representa un esquema de correlación y

equivalencia entre las distintas unidades del Neógeno superior y Pleistoceno en la cuenca del Júcar.

AUTORES	PEREZ GONZALEZ, (1982)	SANTOS GARCIA, (1984)	AUTORES HOJAS MAGNA 717, 742, 765, 790.	EDAD	M.A.
UNIDADES LITOSTRATIGRÁFICAS	SISTEMA ALUVIAL DEL RÍO JÚCAR	UTS 4	SISTEMA ALUVIAL DEL RÍO JÚCAR ALUVIONES DE CASAS IBAÑEZ	PLEISTOCENO INFERIOR - MEDIO	1,8
	ARENISCAS Y ARCILLAS ROJAS DE VILLALGORDO DEL JÚCAR	UTS 3	FLUVIAL SUPERIOR: FACIES BRAIDED FLUVIAL INFERIOR: FACIES MEANDRI FORMES Y ANASTOSOMADAS CON LLANURAS DE INUNDACION BIEN DESARROLLADAS Y SUELOS CALCI MORFOS	VILLAFRANQUIENSE	2,5
	CALIZAS DEL RÍO JÚCAR	UTS 2	CALIZAS DEL RÍO JÚCAR	RUSCINIENSE TUROLIENSE SUPERIOR	5
	Fm. PUNTAL BLANCO	UTS 1		TUROLIENSE MEDIO A SUPERIOR	
		U. PUNTAL BLANCO U. CARBONERAS		TORTONIENSE SUP. - SERRAVALLEENSE CHATIENSE - AQUITANIENSE	23

**Figura 3.7. Esquema de correlación y equivalencia entre las distintas unidades del Neógeno y Pleistoceno en la zona de estudio (I.G.M.E., 1988f).**

En este Capítulo se seguirán la división del Terciario de la cuenca del Júcar en Unidades Tectosedimentarias, en adelante UTS, establecidas por Santos García (1984). Se entiende por UTS, una unidad sedimentaria tridimensional no obligatoriamente homogénea en cuanto a litología, que está comprendida entre dos discontinuidades sedimentarias notables, de extensión no necesariamente isócrona (Garrido, 1973). Es decir, en una sección vertical el registro del tiempo absoluto que separa las dos discontinuidades es constante.

El registro sedimentario del Terciario comienza con el depósito de la Unidad Carboneras (Santos García, 1984), de edad Chatiense-Aquitaniense según Robles (1970), también conocida como calizas de Fuentealbilla (Figura 3.7). Está compuesta por calizas micríticas, biomicríticas y micritas fosilíferas, que esporádicamente intercalan niveles de calizas margosas. Por otro lado y, encima de los materiales anteriores,



aparece la Formación Puntal Blanco de edad Tortoniense superior–Serravaliense. Está formada por depósitos flangomeráticos con bloques angulosos de calizas y dolomías. Se encuentra aflorando en las proximidades de la localidad de Villa de Ves. Por encima de la Unidad Puntal Blanco se deposita un conjunto carbonatado y terrígeno organizado en las UTS (Santos García, 1984).

○ **UTS 1.** Turolense medio-superior

La UTS1 se deposita sobre los materiales de la Formación Puntal Blanco o sobre la Unidad Carboneras. Es definida por Robles (1970), como “Unidad detrítica inferior” (Figura 3.7) y está formada por conglomerados con cantos calcáreos y dolomíticos de matriz arenosa-arcillosa que presentan una potencia que oscila entre 0 y 150 m. Sus características litológicas permiten clasificarlo como acuitardo.

○ **UTS 2.** Turolense superior-Ruscinense

Esta unidad tectosedimentaria también se conoce como “Calizas del río Júcar” establecida por Pérez González (1982) (Figura 3.7). Está compuesta por una sucesión cíclica de carbonatos de color blanco y gris que alternan con niveles margosos ricos en gasterópodos y en ocasiones con niveles detríticos. Son facies lacustres-palustres con alguna influencia de terrígenos que tienen como medio de sedimentación lagos someros, siendo los términos intermedios y finales de abanicos aluviales. El aspecto de campo de esta unidad se observa en la Foto 10; Anexo III.

Esta UTS alcanza su máximo desarrollo en la localidad de Alcalá del Júcar. Su potencia en este sector se aproxima a unos 200 m. Hacia el O se produce una disminución de potencia de forma que en las proximidades de la localidad de La Roda no supera los 50 m. De la misma manera su potencia disminuye hacia el N, S y E. Estos materiales calcáreos se pueden considerar altamente permeables debido a las características litoestratigráficas y a los procesos de fracturación que se observan.

A techo de esta unidad aparece el Miembro de los Yesares, tan sólo presente en entorno de la hoja geológica nº 766 de Valdeganga. (Robles, 1970), e (I.G.M.E., 1981b). Este

miembro está formado por margas blancas con anhidritas y arcillas rojas con cristales de yesos.

○ **UTS 3.** Villafranquiense

Pérez González (1982) en su Tesis Doctoral “Neógeno y Cuaternario en la Llanura Manchega” denomina esta unidad como “Areniscas y arcillas rojas de Villalgordo del Júcar” (Figura 3.7). La UTS 3 se dispone en clara ruptura estratigráfica sobre la UTS 2 y UTS 1. Está compuesto por depósitos detríticos, carbonatados y yesíferos que dan lugar a terrenos acarcavados característicos. Las facies carbonatadas predominan hacia el E y las detríticas hacia el O.

Dentro de esta unidad tectosedimentaria se pueden distinguir dos conjuntos litológicos superpuestos. El conjunto inferior está compuesto por areniscas con estratificación cruzada sobre las que descansan unas arcillas margosas pardo-rojizas, finalizando el tramo con calizas margosas y arenosas. El conjunto superior está formado por gravas poligénicas con matriz arenosa. En los tramos inferiores aparecen unas areniscas con estratificación cruzada y a techo, limos arenosos pardo-amarillentos y margas calcáreas arenosas. En la localidad de La Roda aparecen unos materiales relacionados con esta unidad “Tierra blanca de La Roda”, que están formados por fangos dolomíticos.

Dado su marcado carácter arcilloso, la UTS3 constituye un acuitardo. En ocasiones, cuando predomina la litología detrítica, se puede considerar como acuífero de escasa entidad. No obstante, desde una perspectiva hidrogeológica estos materiales juegan un papel importante en la recarga directa por infiltración de agua de lluvia y por presentar niveles colgados de almacenamiento de agua.

○ **UTS 4.** Pleistoceno inferior y medio

Esta unidad es definida por Pérez González (1982), como “Sistema aluvial del río Júcar” e incluye la unidad “Aluviones de Casas Ibáñez”. El sistema aluvial del río Júcar constituye un extenso manto aluvial de cantos y gravas carbonatadas y cuarcíticas que se disponen paralelas al río Júcar desde el entorno de la hoja de Quintanar del Rey (717), (I.G.M.E., 1988b), hasta la hoja de Valdeganga (766), (I.G.M.E., 1981b). Pérez

González (1982), destaca que durante la edad de formación de esta unidad (Pleistoceno basal), el río Júcar desaguaba hacia el Atlántico y al entrar en la Llanura manchega se extendió ampliamente cubriendo grandes áreas. Esta unidad está coronada en muchos sectores por una costra laminar gruesa a la que se superpone un suelo arcilloso de tonalidad rojiza. A partir de aquí los procesos erosivos son predominantes.

### 3.3.5. Cuaternario

Los materiales cuaternarios están asociados a los materiales pliocenos. Estos materiales son semipermeables con algún nivel acuífero colgado. Debido a la topografía llana de la zona de estudio y a la red de drenaje poco desarrollada estos depósitos son de especial interés en cuanto a la recarga por la infiltración de agua de lluvia.

El estudio de dicha recarga no es objeto de esta Tesis Doctoral, por lo tanto, la caracterización del Cuaternario en el área investigada queda remitida a los trabajos realizados por Pérez González (1970 y 1982). Este autor presenta el estudio más completo sobre el Cuaternario de la Llanura Manchega, en las hojas Magna nº 741, (I.G.M.E., 1978a) y 740 (I.G.M.E., 1977). En estas hojas aparecen cartografiadas y definidas distintas unidades litoestratigráficas y geomorfológicas desde el Plioceno hasta la actualidad de la zona objeto de estudio.

### 3.4. Tectónica

En función de las características tectónicas regionales y las direcciones estructurales predominantes, la zona de estudio se puede dividir en seis regiones o dominios estructurales que corresponden a: a) las estribaciones de la Cordillera Ibérica al N, que se caracterizan por presentar direcciones tectónicas NO-SE. b) el borde externo del Prebético (Cordilleras Béticas) al S, con direcciones estructurales NE-SO. c) la Cobertera tabular de la meseta en la zona de confrontación junto con d) la llanura de Albacete-Cuenca, que aparece depositada y fosilizando un accidentado relieve mesozoico. Por el este se encuentra e) el macizo de Montearagón-Carcelén, con dirección de alineamiento que pasa de ser E-O a ENE-OSO y por último aparecen f) los afloramientos diapíricos de Casas Ibáñez los cuales tienen una dirección E-O, mientras que las alineaciones de Ayora son N-S. (Figura 3.4.)

El encuentro brusco de las direcciones ortogonales Béticas e Ibéricas durante las fases orogénicas alpinas ha provocado necesariamente una red cruzada de fracturación en los materiales mesozoicos del sistema hidrogeológico. Los empujes orogénicos que recibió la cobertera Ibérica de dirección NE-SO y los que recibió su anexa Prebética NO-SE, se encontraron en el denominado “Campo de Montiel”. En esta zona, una cobertera mesozoica delgada junto con una relativa elevación del substrato paleozoico y permotriásico rígido, amortiguó el plegamiento y facilitó la fracturación. Tras esta fase de compresión sobreviene una distensión y se producen una serie de hundimientos en los bloques previamente cuarteados (cuenca del Júcar y los Llanos de Albacete), el alzamiento de otros bloques que comienzan a erosionarse (macizo de Montearagón) y la extrusión de un Trías yesífero y arcilloso a favor de fracturas (Jerez Mir, 1973). La depresión tectónica generada (Llanura de Albacete-Cuenca), es rellenada por materiales procedentes de los relieves circundantes.

Los sistemas de fracturas que afectan al interior y a los bordes del sistema hidrogeológico se encuentran enmascarados por los materiales de relleno que se depositan de forma extensiva sobre los bordes montañosos (Jerez Mir, 1973). Para este autor, la depresión tectónica generada es producto del abundante número de fracturas

existentes. No obstante, si que existe una gran línea de fracturación (LFM) de dirección NE-SO, reconocida por Jerez Mir (1971), Aracil Avila y Vilas (1987) y Castaño (1993), que con una dirección NE-SO se dispone desde la sierra de Alcaraz hasta los afloramientos diapíricos de Casas Ibáñez.

A continuación se realiza la descripción de los dominios geológicos presentes, sus características, extensión y relaciones, así como, la disposición del entramado de las fracturas principales que presentan los materiales. Estos condicionantes, como se verá en el siguiente Capítulo, establecen la zonificación de diferentes dominios hidrogeológicos, la distribución de los parámetros hidráulicos (efectividad de los pozos) y las direcciones tanto del flujo superficial como subterráneo.

#### ***1.- Estructuras meridionales de la Cordillera Ibérica***

Este dominio ocupa el borde septentrional de la zona de estudio. Su límite con respecto a la Llanura de Albacete-Cuenca se ha determinado por la extinción meridional de la mayor parte de las ramas castellanas de la Cordillera Ibérica como consecuencia de su hundimiento bajo el relleno terciario de la Llanura de Albacete-Cuenca (Figura 3.4).

Está formado por una serie mesozoica y paleógena bastante completa que descansa sobre un zócalo constituido por rocas precámbricas y paleozoicas. Este basamento se estructuró en el ciclo hercínico y se vio afectado posteriormente por la tectónica tardihercínica. Posteriormente, durante el Terciario, se produce la verdadera deformación del ámbito de la Cordillera Ibérica. El zócalo se fractura en bloques y la cobertera se acomoda a la estructura resultante y se pliega a favor de los despegues localizados en rocas pláticas (Tectónica de zócalo y cobertera), (I.G.M.E., 1979a).

En este heterogéneo y complejo sistema de fracturación de cobertera y basamento cabe la distinción de dos conjuntos diferentes de fracturas. Según García Abbad (1979) en su estudio “Caracteres estructurales de los enlaces meridionales Altomira-Ibérica” se pueden agrupar en accidentes longitudinales y accidentes transversales al eje de la Cordillera Ibérica (Figura 3.4). Este mismo autor, destaca para esta zona los siguientes

accidentes longitudinales al basamento: a) el escalón suroccidental de la serranía de Cuenca que con una dirección NO-SE se encuentra entre la localidad de Motilla de Palancar y el Embalse de Alarcón y b) la presencia de una red de fracturación submeridiana que se deduce a partir de la anómala orientación del eje del Anticlinal de Tébar y del trazado N-S del curso del río Júcar una vez salvada la presa de Alarcón (Figura 3.4).

Los accidentes transversales al eje de la cordillera Ibérica en el área investigada actúan compartimentando materiales de la misma edad. Estos accidentes se denuncian por una serie de distorsiones de la cobertera mesozoica que se pueden determinar en superficie. Se distinguen dos accidentes principales: el accidente de la depresión de Teruel de dirección NE-SO, y el accidente de San Clemente de dirección E-W. Como accidentes secundarios se considera el accidente de Pozoamargo con rumbo NE-SO.

## ***II.- Estructuras septentrionales de la Cordillera Bética***

Este dominio estructural se encuentra en la parte meridional de la zona de estudio. Los materiales que aparecen son mesozoicos y terciarios, y están afectados por diferentes estructuras como fallas normales y pliegues poco apretados. El conjunto ofrece un aspecto de bloques levantados y hundidos en forma de “teclas de piano” (I.G.M.E., 1979a) (Figura 3.4).

La Cordillera Bética se puede dividir en grandes unidades geológicas según criterios paleogeográficos y estructurales (Rodríguez Estrella, 1979). La zona de estudio se enmarca en el Prebético externo y presenta continuidad estratigráfica con los materiales de la Cordillera Ibérica.

Según Goy y Zazo (1989), quienes estudian las Cordilleras Béticas y Baleares, existen tres sistemas de fracturas fundamentales (Figura 3.4):

- N70–N100. Son las más importantes. Por ejemplo Falla del Guadalquivir, Línea de fracturación múltiple Alcaraz-Albacete.
- N50–N120. Son de menores recorridos pero muy abundantes.

- N 10–N50. Son las fracturas de menor tamaño.

En la zona de estudio destaca la LFM que se extiende desde los afloramientos diapíricos de Casas Ibáñez hasta Alcaraz, salvando la ciudad de Albacete con una dirección aproximada N70. La existencia de la LFM se ha demostrado, a partir de tendencias anómalas gravimétricas, sin existir reflejo de la misma en superficie en todo el área investigada (Castaño, 1993). Según Vilas *et al.* (1982), esta línea corresponde con un talud que coincide con una alineación tectónica satélite de la falla del Guadalquivir y que separa la Cobertera Tabular de la Meseta al NO del Surco Bético al SE.

Cabe destacar dos fracturas importantes en el borde suroccidental de la zona de estudio de dirección N120 a N150. Por un lado, la fractura que delimita el Campo de Montiel con Los Llanos de Albacete (Rincón *et al.*, 2001). Por otro lado, la falla de Pozohondo, al S de la zona de estudio, reconocida por Martín Velázquez *et al.* (1998). Esta última es paralela a la falla de Lietor y a la de Socovos (Figura 3.4).

En la zona de estudio también se observa un número abundante de alineaciones al SE de la localidad de Albacete, localizadas en el sector denominado de “Teclas de piano”. Estas alineaciones se han obtenido de los datos de Aracil Avila y Vilas (1987) y de I.G.M.E. (1980a). Se caracterizan por una dirección que pasa de N50 a N10 hacia la zona oriental. Estos accidentes son más numerosos que los anteriormente descritos pero de menor longitud (Figura 3.4).

### ***III.- Cobertera Tabular de la Meseta***

Este dominio se localiza en el sector oriental del sistema hidrogeológico de la Mancha Oriental. La Cobertera Tabular de la Meseta se encuentra separada del dominio Prebético por el Arco Cazorla-Hellín-Yecla y por la LFM (Figura 3.4). Se caracteriza por un suave relieve marcado por contrafuertes tabulares en consonancia con la estratificación horizontal y la erosión diferencial. Los materiales presentes en este dominio que afloran fuera del sistema hidrogeológico se introducen bajo la Llanura de Albacete-Cuenca con grandes buzamientos reflejo de las fallas de borde. Destacar que



este dominio presenta una subordinación del relieve a la ausencia de marcadas estructuras de plegamiento (Montero González, 1994).

En la Cobertera Tabular de la Meseta predomina unas direcciones de fracturación NO-SE, NNO-SSE y OSO-ENE, aunque no se puede descartar una tercera familia principal de fracturas orientadas según una dirección SSO-NNE. Dentro de este conjunto de fracturas se distinguen “fallas de superficie” y “fallas de zócalo”. También se ha confirmado la presencia de directrices de plegamiento locales (N-S/ NNO-SSE) y regionales (ENE-OSO) (Rincón *et al.*, 2001).

#### ***IV.- Llanura de Albacete- Cuenca***

Esta llanura aparece en el sector central de la zona de estudio donde afloran materiales horizontales y subhorizontales de edad terciaria y pliocuaternaria (Figura 3.4.). Los materiales son de origen continental formados por numerosos cambios laterales de facies entre depósitos detríticos y calcáreos.

Estructuralmente, esta llanura está formada por grandes depresiones tectónicas (Depresión del Júcar, del Cabriel, de Los Llanos y el Corredor Manchego) de edad intramiocena que se encuentran rellenas por sedimentos posteriores (Mioceno medio-Plioceno). Puesto que estos materiales de relleno son posteriores a las fases de plegamiento, conservan su disposición horizontal, la cual se deriva del relieve prácticamente plano de la zona. No obstante, la compactación diferencial de las capas de relleno sobre el relieve irregular que tienen los materiales mesozoicos deformados da lugar a ciertos “pliegues de acomodación” (Jerez Mir, 1973).

Los depósitos de esta cuenca terciaria ocultan la red de fracturas que afectan al basamento mesozoico. De ahí, que la única manera de detectarlas sea el análisis de las columnas litológicas de los sondeos y los estudios geofísicos realizados en la zona.

En este sentido, a partir de las hojas geológicas de la serie Magna nº 742,765 y 790 (I.G.M.E., 1988c, f) y de las investigaciones geofísicas recogidas en los informes

“Estudio Hidrogeológico Alto Júcar-Alto Segura” (I.G.M.E., 1979a) y el “Estudio hidrogeológico de la Manchuela” (I.R.Y.D.A., 1993), se han detectado los accidentes tectónicos que afectan a la cobertera mesozoica (Figura 3.4).

En los trabajos Aracil Avila y Vilas (1987) y Aracil Avila (1991) se ha estudiado la estructuración del basamento mesozoico de la depresión de Los Llanos de Albacete. Los resultados son la determinación de dos familias de fracturas importantes. Una de dirección NE-SO, proporcionando un conjunto de bloques levantados y hundidos entre las que destacan la falla de el Salobral-Peñas de San Pedro, la falla de La Gineta-Los Cuarteros y la prolongación de la LFM. La otra familia, de dirección NO-SE afecta al interior de los bloques, profundizando el techo de los materiales Jurásicos hacia el NE (Figura 3.4).

#### ***V.- Macizo Montearagón-Carcelén***

El Macizo de Montearagón-Carcelén se eleva 100 y 400 m sobre la Llanura de Albacete-Cuenca. Está formado por un conjunto de materiales mesozoicos afectados por fracturas verticales que configuran un relieve en forma de muelas y valles (Castaño, 1993) (Figura 3.4.).

Estructuralmente es una zona que manifiesta el contacto entre las alineaciones y características Ibéricas al N y Béticas al S. El relieve se conforma por grandes alineaciones de afloramientos cretácicos subhorizontales separados por amplias cuencas pliocuaternarias. En los grandes macizos se observa la acción erosiva remanente de las aguas, las cuales erosionan sus perfiles (Quesada *et al.*, 1967).

La mayoría de las fracturas presentes en esta región geológica son una mezcla de las directrices Ibéricas y Béticas. Las fracturas con saltos en la vertical importantes y de orientación E-O son: al N la falla Carcelén-Casas de Juan Gil que hacia el S cambia a ENE-OSO (Quesada *et al.*, 1967) y al S la falla Chinchilla-Alpera, reconocida por Linares Girela y Senent Alonso (1975), Rodríguez Estrella (1990) y en el informe “Estudio Hidrogeológico Alto Júcar-Alto Segura” (I.G.M.E., 1979a) (Figura 3.4).

## ***VI.- Fenómenos diapíricos***

En el sector oriental de la zona de estudio aparecen afloramientos de materiales arcilloso-evaporíticos asociados a estructuras diapíricas de dirección N-S y E-O (Figura 3.4.); pudiéndose dar en otras zonas del sistema donde no han llegado a aflorar (I.G.M.E., 1988a).

Existen diversas hipótesis sobre el origen del diapirismo de la zona pero la mayoría se decanta por la vinculación entre los procesos tectónicos y diapíricos. Castaño (1993) en su Tesis Doctoral concluye que existen evidencias que sugieren que los procesos diapíricos comenzaron en las etapas distensivas del mesozoico aunque el momento de mayor actividad fue en el Mioceno.

### 3.5. Geomorfología

La descripción de la geomorfología de la zona de estudio se ha realizado mediante un análisis de la fisiografía (relieve y red fluvial), siguiendo la metodología propuesta por Rincón y Vegas (1999) en su estudio para el Campo de Montiel. Sobre la base de este análisis se establecen las relaciones entre el marco geomorfológico y los aspectos estructurales.

#### □ *Relieve*

La observación del mapa topográfico (Figura 3.8.), revela la existencia de elevaciones y depresiones orientadas y jerarquizadas no aleatoriamente, reflejo de la deformación reinante. La zona central del sistema (Llanura de Albacete-Cuenca) presenta la menor cota topográfica. Esta llanura se encuentra a cotas de 700-720 m.s.n.m. configurando un relieve muy llano y entre 100 y 200 m por debajo del nivel de las zonas circundantes. La planicie parece tener una orientación NE-SO, mientras que el río Júcar tiene una orientación N-S en su recorrido por la zona septentrional del sistema y E-O por el sector central. Es destacable la depresión que se observa en el límite oriental del sistema hidrogeológico que coincide con la Fosa de Ayora de dirección N-S (Figura 3.8). Como elevaciones intermedias (750 m.s.n.m.) se halla el corredor manchego, que con una orientación O-E comunica la Llanura manchega con la Llanura de Albacete-Cuenca (Figura 3.8).

Las zonas elevadas que rodean al llano se pueden dividir en cuatro sectores: 1) Sector septentrional que corresponde con las estribaciones meridionales de la Cordillera Ibérica. En este sector se observan dos tendencias, por un lado, una dirección aproximada NO-SE en la parte occidental y por otro lado, un rumbo NE-SO en la zona oriental; 2) al S y SE del sistema hidrogeológico se aprecian las elevaciones del macizo de Montearagón-Carcelén y las alineaciones de Pozocañada, las cuales presentan una alineación NE-SO; 3) Sector occidental, zona oriental del Campo de Montiel, se observa un orientación NO-SE que coincide con el límite de la Llanura de Albacete. Por último,

4) Sector meridional, las elevaciones de la sierra de Alcaraz que presentan una orientación definida por el Arco existente entre Cazorla-Hellín-Yecla (Figura 3.8).

El conjunto de elevaciones y depresiones coincide con las fracturaciones descritas en el Apdo. 3.4, y son el reflejo morfotectónico de la actividad tectónica reciente. Estas alineaciones, como se verá en capítulos posteriores están relacionadas con el funcionamiento hidrogeológico del sistema.

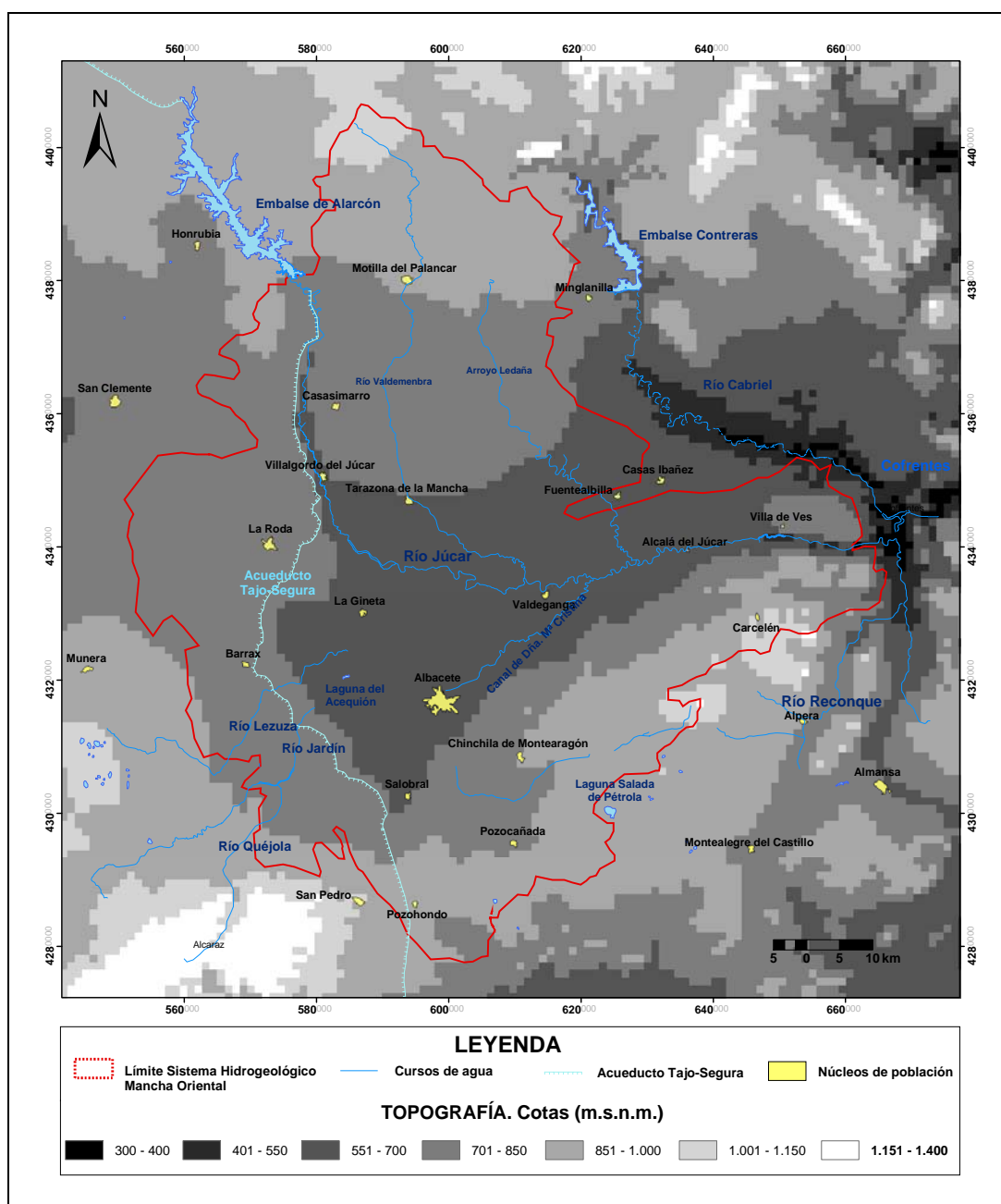


Figura 3.8. Mapa topográfico del sistema hidrogeológico. (Alternancia de elevaciones-depresiones orientadas y jerarquizadas de forma no aleatoria, reflejo de la deformación).

### □ *Red Fluvial*

El río más importante que atraviesa el sistema hidrogeológico de la Mancha Oriental es el Júcar. Entra en el sistema por su extremo septentrional con dirección N-S, justo después del embalse de Alarcón y gira en el sector central para tomar una dirección O-E, abandonando el sistema mediante un estrecho cañón. La longitud aproximada del río dentro de los límites del sistema es de unos 140 km (Figuras 3.4 y 3.8).

A la salida del embalse de Alarcón el río Júcar se sitúa a cota 800 m.s.n.m. y a la salida del sistema se ubica a una cota de 400 m.s.n.m. Como apunta Panadero Moya (1995), el río, a su paso por la zona de estudio se puede dividir en tres tramos. El primero se extiende desde el embalse de Alarcón hasta las proximidades de la localidad de La Gineta. En este tramo la pendiente es aproximadamente del 1,2‰, dando lugar a un valle de suaves pendientes. El segundo tramo se puede delimitar entre la localidad de La Gineta y las inmediaciones de Alcalá del Júcar. En este tramo la pendiente aumenta al 2‰ y el río muestra un curso distinto al anterior, conformando un estrecho valle comprimido entre profundos escarpes. Finalmente, el último tramo se extiende desde la localidad de Alcalá del Júcar hasta el Embalse de Cofrentes. El valle se transforma en un estrecho cañón, presentando una pendiente superior al 4‰.

Los cambios de dirección que presenta el río Júcar y la identificación de sectores por pendientes topográficas del río, son reflejo de los accidentes estructurales descritos en el apdo. 3.4 relativo a la tectónica y están íntimamente ligados con el comportamiento hidrogeológico río-acuífero, como se detallará en el Capítulo 6.

El río Valdemembra, Arroyo Ledaña y el río Cabriel son afluentes del río Júcar en la zona de estudio por su margen izquierdo. Señalar que estos cursos de agua presentan un lineamiento semejante, todos exhiben en su parte N una orientación N-S que se convierte en una amplia curva en la parte central del sistema para encontrarse con el río Júcar en una dirección O-E (Figuras 3.4 y 3.8).

El río Valdemembra nace dentro del sistema a cota 1.100 m.s.n.m. en las proximidades de la localidad de Solera de Gabaldón y confluye con el Júcar cerca de la localidad de Valdeganga a una cota de 600 m.s.n.m. Presenta un cauce suave y largo, que se encuentra seco casi todo el año en su curso medio y completamente seco antes de unirse al río Júcar. Muchas localidades de la zona utilizan este curso fluvial para verter sus aguas residuales (I.G.M.E., 1984a) (Figuras 3.4 y 3.8).

El arroyo Ledaña nace entre las localidades de Iniesta y Ledaña y se encuentra seco la mayoría del año, funcionando sólo en épocas de alta pluviosidad. Se nutre de los aportes procedentes de cañadas y ramblas como Cañada Carrascal, Encina o la Rambla de la Graja. Se une al río Júcar en las proximidades de la localidad de Alcalá de Júcar (Figuras 3.4 y 3.8).

El río Cabriel es afluente del río Júcar por su margen izquierda y cede sus aportes fuera del sistema hidrogeológico, por lo que se encuentra desligado del mismo. Como consecuencia, la divisoria de aguas superficiales y subterráneas entre los dos ríos es la que define el límite hidrogeológico NE del sistema (CHJ., 1999).

Por el margen derecho del río Júcar aparecen numerosos arroyos y ramblas que nacen en las elevaciones del macizo de Montearagón-Carcelén. Los que desembocan en el Júcar son muy abundantes pero de escasa longitud. La orientación preferente de estos cauces es SE-NO (Figuras 3.4 y 3.8).

Existen multitud de arroyos y ríos que desde el Campo de Montiel y la Sierra de Alcaraz se dirigen hacia la llanura de Albacete-Cuenca (Figuras 3.4 y 3.8). Los valles son estrechos y encajados de trazado muy rectilíneo debido a la estructura de la red fluvial. Todos ellos se dirigen a la llanura de Albacete-Cuenca aunque no todos desembocan en la misma cuenca. Los cursos de agua con direcciones N-NO desembocan en el río Guadiana, mientras aquellos con direcciones E-O desembocan en el río Júcar. Cabe destacar que los que tienen direcciones NNE desembocan en el fondo endorreico de La Roda (I.G.M.E., 1988c).

Al llegar a la Llanura Manchega estos valles se abren, adquiriendo fondos amplios y planos, desapareciendo la mayor parte de ellos antes de llegar a verter sus aguas al valle del Júcar. Los ríos más importantes en esta zona son el Lezuza, el Jardín y el Quéjola. Tienen un funcionamiento que depende tanto del régimen pluviométrico como del drenaje de los acuíferos presentes en la sistema hidrogeológico 08.30 (Jardín-Lezuza), (I.G.M.E., 1984b).

El río Lezuza penetra en la Llanura de Albacete-Cuenca y tras un lento recorrido de unos 30 km desaparece en la depresión del acequión “Casa Capitán”, al SO de la localidad de La Gineta. (Figuras 3.4 y 3.8).

Los rasgos geomorfológicos que tiene el río Lezuza se vuelven a repetir en el río Jardín. Este río presenta varias denominaciones según la zona donde se encuentre ( El Cubillo, Balazote, o Don Juan). Al igual que ocurría con el río Lezuza, el río Jardín al penetrar en la Llanura de Albacete cede sus aguas por infiltración. El río Quéjola o Mirón presenta una dirección predominante NE-SO y se une al río Jardín en las proximidades de la localidad de Balazote (I.G.M.E., 1981a). El trazado de los tres ríos está claramente influido por la tectónica general de la zona ya que se encaja entre fallas consecutivas como se observa en la (Figura 3.4).

La existencia pasada de humedales en las proximidades de la ciudad de Albacete está relacionada con efímeros cursos fluviales y la somera superficie piezométrica. Con anterioridad al saneamiento de dichos humedales y a la intensificación del regadío existían manantiales como (Ojos de San Jorge, Río de la Estacadilla, Fuente del Charco, río del Salobral,...), que originaban riachuelos cuyas aguas, antes de ser canalizadas, se estancaban en las denominadas hoyas debido a la morfología arreica de la zona,.(Senent Alonso, 1975). Estas zonas actualmente secas constituyen zonas preferenciales para la infiltración directa del agua de lluvia.

Respecto a los canales artificiales destacar el canal de Doña María Cristina que recorre unos 30 km desde la ciudad de Albacete hasta su confluencia con el río Júcar. Este canal parte de Albacete, atraviesa la localidad de Tinarejos y termina en el río Júcar, unos 5



km aguas abajo de la localidad de Valdeganga. Esta construcción sirve para desaguar las aguas residuales, una vez tratadas, de la ciudad de Albacete, así como, todas las pluviales recogidas en la misma localidad (CHJ., 1999) (Figuras 3.4 y 3.8). Al no estar revestido, este canal cede parte de sus aguas por infiltración al sistema hidrogeológico.

El trasvase Tajo-Segura, que tiene una longitud de unos 140 km dentro del sistema hidrogeológico y la cruza de N a S. Al tratarse de un canal totalmente revestido queda desligado del sistema hidrogeológico en la mayor parte de su recorrido. En el paraje de los Anguijes, el trasvase se introduce en un túnel denominado del Talave (Albacete) que desemboca en el Fontanar (Lietor). Este túnel subterráneo tiene un recorrido de 36 Km con un diámetro de 5 m y a una profundidad media de 350 m bajo la superficie del terreno (López Fuster, 2000). Dada la profundidad de la obra el tubo que circula dentro del acuífero drenaba éste con caudales superiores a 700 l/s durante la realización de la obra. En una publicación de la Confederación Hidrográfica del Tajo (CHT), se reconocía que en el periodo de 1970–1980 se habían evacuado por las obras del túnel del Talave 152,1 hm<sup>3</sup>, y se utilizaron 175.000 Tm de cemento para impermeabilizar las fugas.



## **4. ESTRUCTURA DEL SISTEMA HIDROGEOLÓGICO**

---



#### 4.1. Introducción

El sistema hidrogeológico de la Mancha Oriental abastece en la actualidad a más de 100.000 ha actuales de regadío y a diversas poblaciones de la provincia de Albacete a través de la explotación de sus aguas subterráneas.

Como apunta Castaño (1999) a pesar de la importancia de este sistema, no se ha profundizado en el conocimiento de la geometría del conjunto, y sobre todo de los materiales acuíferos, así como, la determinación de las condiciones de contorno y relaciones entre sus diferentes partes. La existencia de estas incertidumbres afecta negativamente en la comprensión de la distribución de los rendimientos de los pozos así como, al funcionamiento del flujo subterráneo.

En esta Tesis Doctoral se ha tratado de aclarar aquellos aspectos (geometría, condiciones de contorno y relaciones entre partes) que plantean incertidumbre sobre la base de las unidades hidrogeológicas establecidas en anteriores estudios hidrogeológicos. En este Capítulo, se han redefinido dichas unidades hidrogeológicas y se han delimitado las diferentes partes del sistema mediante el establecimiento de dominios hidrogeológicos.

En este trabajo se ha considerado el concepto de unidad hidrogeológica como aquella formación geológica homogénea pero no necesariamente isótropas que tiene unas propiedades hidrodinámicas características (Anderson, 1989). Por tanto, en función de las características litoestratigráficas de los materiales presentes en el sistema hidrogeológico de la Mancha Oriental, se redefinen las unidades hidrogeológicas (UHs), clasificándolas en acuíferos, acuitardos y acuífugos (véase Figura 3.3; pág. 58).

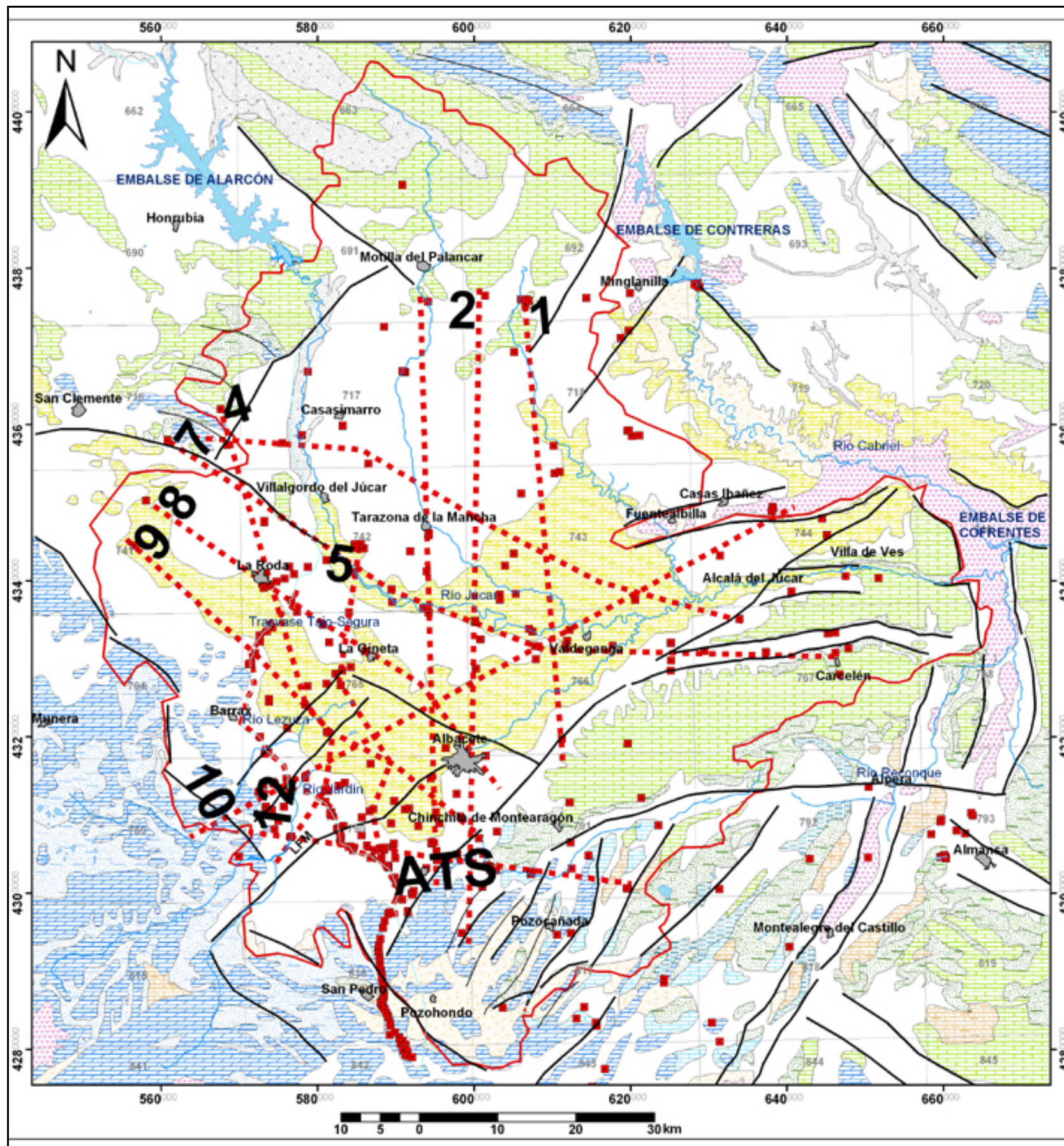
Tomando como punto de partida las columnas litológicas recopiladas en el inventario de puntos de agua (Figura 4.1), se han clasificado los materiales testificados dentro de las unidades hidrogeológicas definidas. Con esta información se han realizado 12 cortes hidrogeológicos seriados (Cortes hidrogeológicos; Anexo IV), que muestran en dos

dimensiones la estructura de las unidades hidrogeológicas, mostrando los límites superior (techo) e inferior (muro), su extensión y las relaciones entre ellas.

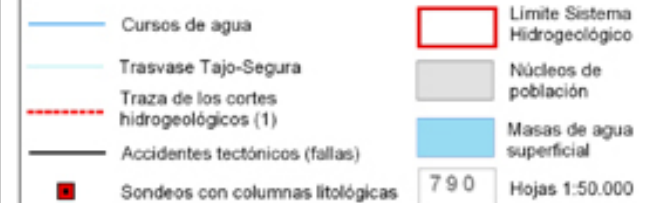
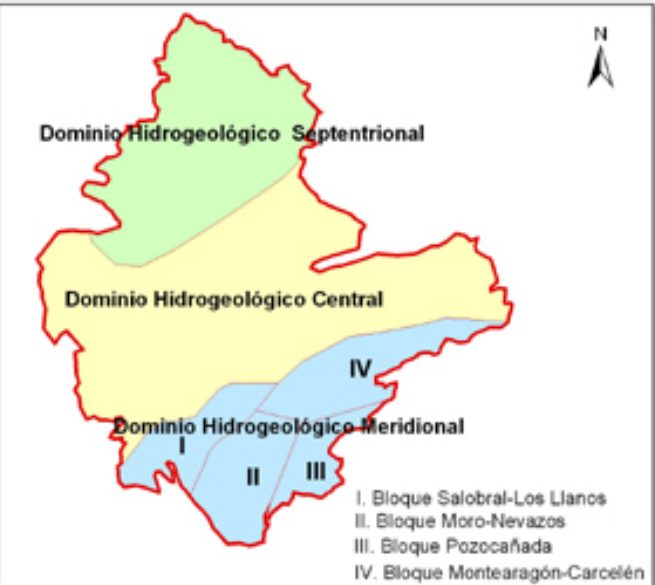
A continuación, se han determinado las superficies correspondientes al techo y muro de cada unidad hidrogeológica acuífera mediante métodos geoestadísticos. Definidas las unidades acuíferas, los “espacios vacíos” que quedan entre ellas son los correspondientes a las unidades acuitardas y acuífugas. El resultado que se obtiene es la estructura tridimensional del sistema hidrogeológico.

A partir de la estructura tridimensional del sistema, se delimitan los dominios hidrogeológicos con objeto de establecer las diferentes partes de dicho sistema. Para ello, se considera necesario precisar el concepto de dominio hidrogeológico, entendiéndolo como un área que pertenece al sistema hidrogeológico y presenta unas características hidrogeológicas particulares consecuencia de su delimitación estructural y estratigráfica.





## DOMINIOS HIDROGEOLÓGICOS



EDAD	LITOLOGÍA	UHS
TERCIARIO	Arenas y arcillas	UH1
	Conglomerados, arenas y arcillas	
	Gravas y arenas	
	Biocalcarentas marinas. (Fuera del sistema hidrogeológico)	
CRETÁCICO	Calizas margosas. Mioceno Pontense. (Materiales de alta permeabilidad)	UH2
	Calizas y dolomías. Formación Benejama. (Materiales de alta permeabilidad, impermeables hacia muro)	UH3
	Arenas versicolores. "Facies Utrillas" (Materiales semipermeables)	UH4
	Arenas y arcillas con yesos. "Facies Weald" (Materiales impermeables)	
JURÁSICO	Calizas. Formación Gallinera. (Materiales de alta permeabilidad)	UH5
	Margas con niveles calcáreos. Formación Lorente. (Materiales impermeables)	UH6
	Dolomías y calizas masivas. Formación Colleras-Chorro. (Altísima permeabilidad)	UH7
	Margas, arcillas y yesos. Formación Madroño y Carretas. (Materiales impermeables)	UH8
TRIÁSICO SUPERIOR	Yesos y arcillas con carníolas a techo. Facies Keuper. (Materiales impermeables)	UH9

**FIGURA 4.1**  
SITUACIÓN DE LOS CORTES HIDROGEOLÓGICOS  
Y  
DOMINIOS HIDROGEOLÓGICOS



## 4.2. Unidades Hidrogeológicas (UH) de la Mancha Oriental

Después de analizar y homogeneizar la información de los trabajos hidrogeológicos realizados en la zona de estudio se redefinen en este apartado 9 unidades hidrogeológicas (véase Figura 3.3) que se han clasificado en función de su comportamiento hidrogeológico. El estudio de las unidades hidrogeológicas ha permitido esclarecer la geometría y las relaciones existentes entre dichas unidades. A continuación se describen, de muro a techo, las unidades hidrogeológicas.

### □ *Unidad Hidrogeológica 9 (UH9). Acuífugo (Impermeable) del Keuper*

Esta unidad está formada por los materiales arcilloso-evaporíticos del Triásico superior en facies Keuper (Figura 3.3). Según los sondeos profundos del petróleo la potencia de esta unidad oscila entre 400 y 1.000 m. Sus dimensiones y geometría se detallan en el Capítulo 3. Esta unidad constituye un límite impermeable lateral cuando aflora a favor de accidentes diapíricos. Su presencia en los cortes hidrogeológicos se limita al Corte hidrogeológico 10; Anexo IV.

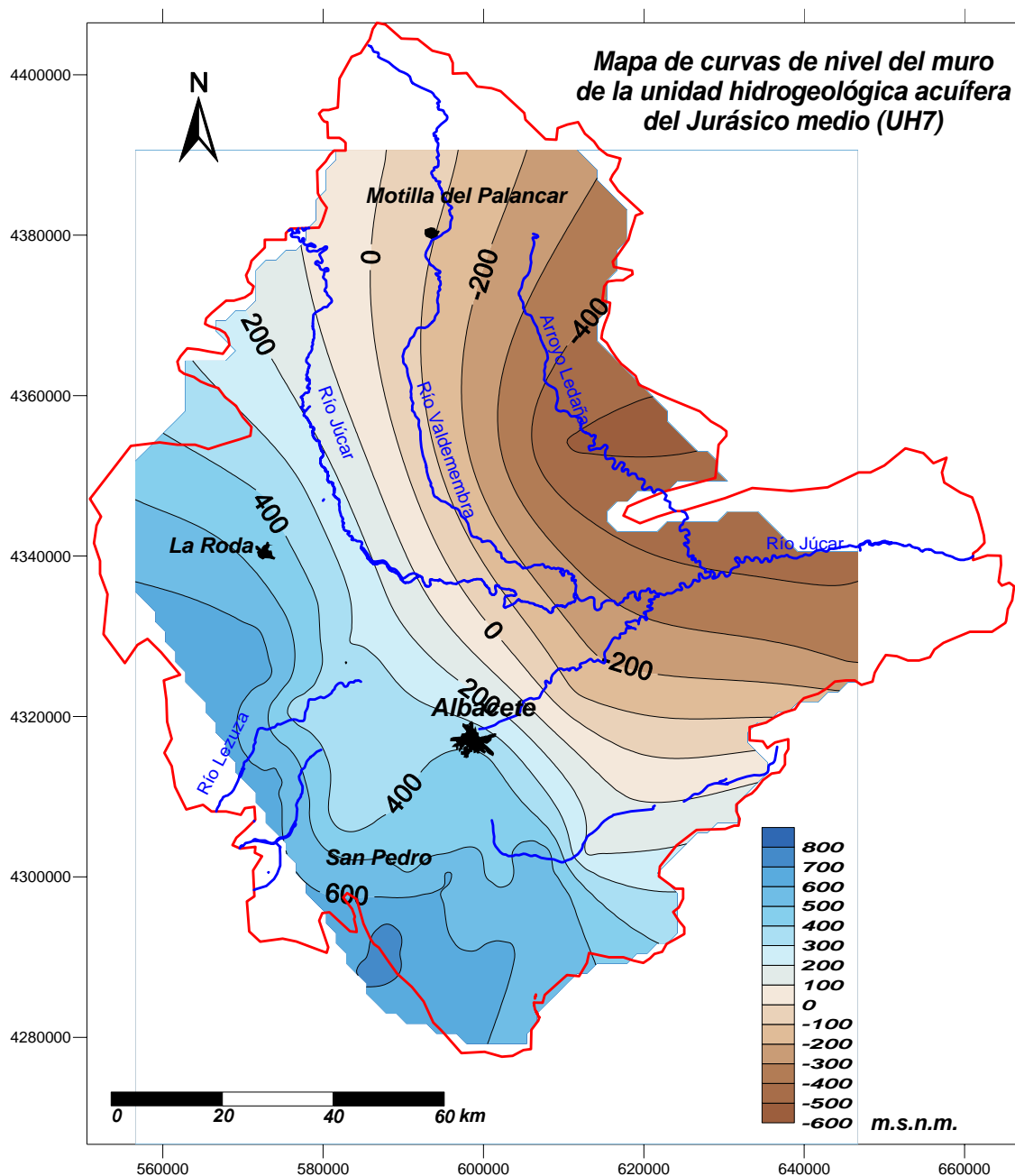
### □ *Unidad Hidrogeológica 8 (UH8). Acuífugo (Impermeable) del Jurásico inferior*

La UH8 está constituida por la Formación Carretas y la Formación Madroño de edad Lías inferior (Figura 3.3). En el informe “Investigación hidrogeológica de la cuenca alta de los ríos Júcar y Segura” (I.G.M.E., 1979a), se separan estas formaciones en 2 unidades hidrogeológicas. Esta división se ha definido sobre la base del comportamiento acuífero que presenta la Formación Carretas en el borde occidental (fuera de la zona de estudio) mientras que la Formación Madroño se comporta como acuífugo en todo el sistema. En este trabajo se ha comprobado mediante el análisis de las columnas litológicas, como estos depósitos sufren un cambio de facies al entrar en el sistema hidrogeológico, convirtiéndose en materiales arcillo-evaporíticos. Por ello, se ha optado por agrupar ambas formaciones en una única unidad hidrogeológica que configura el impermeable de base del sistema hidrogeológico.



Su límite inferior (muro) lo configuran los materiales margoyesíferos del Keuper, mientras que el límite superior lo constituyen las formaciones Colleras y Chorro. Según los sondeos profundos del petróleo (Figura 3.4) la potencia media de estos materiales es variable (200 m en el borde occidental y unos 800 m en el interior del sistema). Se ha elaborado la superficie del muro de la Unidad Hidrogeológica 7 (UH7), acuífero del Jurásico medio, que coincide con la base impermeable del sistema hidrogeológico (Figura 4.2).

Como se observa en los Cortes hidrogeológicos 1 a 12; Anexo IV, esta unidad, que aflora en el límite O, se extiende por todo el sistema hidrogeológico a diferentes profundidades.



**Figura 4.2.** Plano de curvas de nivel del muro de la Unidad Hidrogeológica 7 (UH7), acuífero del Jurásico medio.

Como se observa en la Figura 4.2, el techo de esta unidad se introduce desde el borde occidental del sistema hidrogeológico bajo la Llanura de Albacete-Cuenca con un buzamiento acusado hacia el NE, que en el corte hidrogeológico 10; Anexo IV, se observa que esta acompañado de fracturas de dirección NO-SE. Esta superficie se ve afectada por un lineamiento de dirección NE-SO entre las localidades de Albacete y San

Pedro, que provoca un cambio en la morfología de las isolíneas. Este lineamiento se correlaciona directamente con la LFM (Cortes Hidrogeológicos 4, 8 y ATS; Anexo IV).

□ ***Unidad Hidrogeológica 7 (UH7). Acuífero (permeable) del Jurásico medio***

Esta unidad hidrogeológica está constituida por las formaciones definidas como Formación Colleras, Contreras y Chorro de edad Lías superior y Dogger respectivamente (Figura 3.3). Salvo los materiales arcillosos de escasa potencia (10-30 m) de la Formación Contreras el resto de la UH7 se caracteriza por facies homogéneas en todo el sistema formadas por dolomías y calizas frecuentemente karstificadas (I.G.M.E., 1988a).

La UH7 se dispone en toda la extensión del sistema. Esta unidad se encuentra confinada en su mayor parte excepto en el sector meridional y occidental donde se halla en estado libre (Cortes hidrogeológicos 1 a 12; Anexo IV). Los materiales semipermeables e impermeables del Jurásico superior, Cretácico inferior y Terciario se depositan discordantemente sobre la UH7 (Cortes hidrogeológicos 1 a 12; Anexo IV). El Jurásico superior se encuentra como techo concordante de esta unidad únicamente en la zona oriental del sistema (Cortes hidrogeológicos 1, 2, 6, 7 y 10; Anexo IV). En el sector occidental del sistema el Cretácico medio en “Facies Utrillas” se deposita discordante en las fosas tectónicas desarrolladas en la UH7. En el sector septentrional del sistema los materiales Weald confinan a la UH7 (Cortes hidrogeológicos 4, 7 y 10; Anexo IV). Por último, los materiales detríticos del Terciario semiconfinan al acuífero Jurásico UH7 en la parte central y occidental del sistema (Cortes hidrogeológicos 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 12 y ATS; Anexo IV). El muro de esta unidad hidrogeológica concuerda con el techo de la UH8 en todo el sistema.

Señalar que para obtener la topografía del techo de la UH7 se han considerado los materiales del Jurásico superior que se detectan en el sector oriental del sistema ya que: a) los materiales del Jurásico superior tienen una extensión limitada en la zona oriental del sistema, lo que hace difícil su interpolación a la hora de modelizarlas y, b). los sondeos con columnas litológicas donde aparecen los materiales del jurásico superior

son escasos. Por tanto, para realizar una interpolación de mayor fiabilidad, se ha optado por agrupar los materiales que comprenden el Jurásico superior y el Jurásico medio (Figura 4.3).

Toda la UH7 está afectada por una serie de fracturas de dirección predominante NE-SO, (coinciden con la LFM) que configuran una serie de bloques levantados y hundidos (ver Cortes hidrogeológicos 1 a 12; Anexo IV). La aparición de estos bloques condiciona la variación en el espesor de los materiales que se detecta en el conjunto de la unidad. Así la UH7 puede alcanzar 150 m en el sector occidental y superar los 500 m en las zonas centrales del sistema. Esta unidad en el sector septentrional de la zona de estudio se ve afectada por una fracturación de dirección NO-SE. Ambas direcciones de fracturación se interceptan en las proximidades de los afloramientos diapíricos de la UH9, de orientación E-O, presentes en el sector central del sistema (Figura 4.3). En este sector es probable que de lugar la confluencia de las direcciones de deformación Bética e Ibérica.

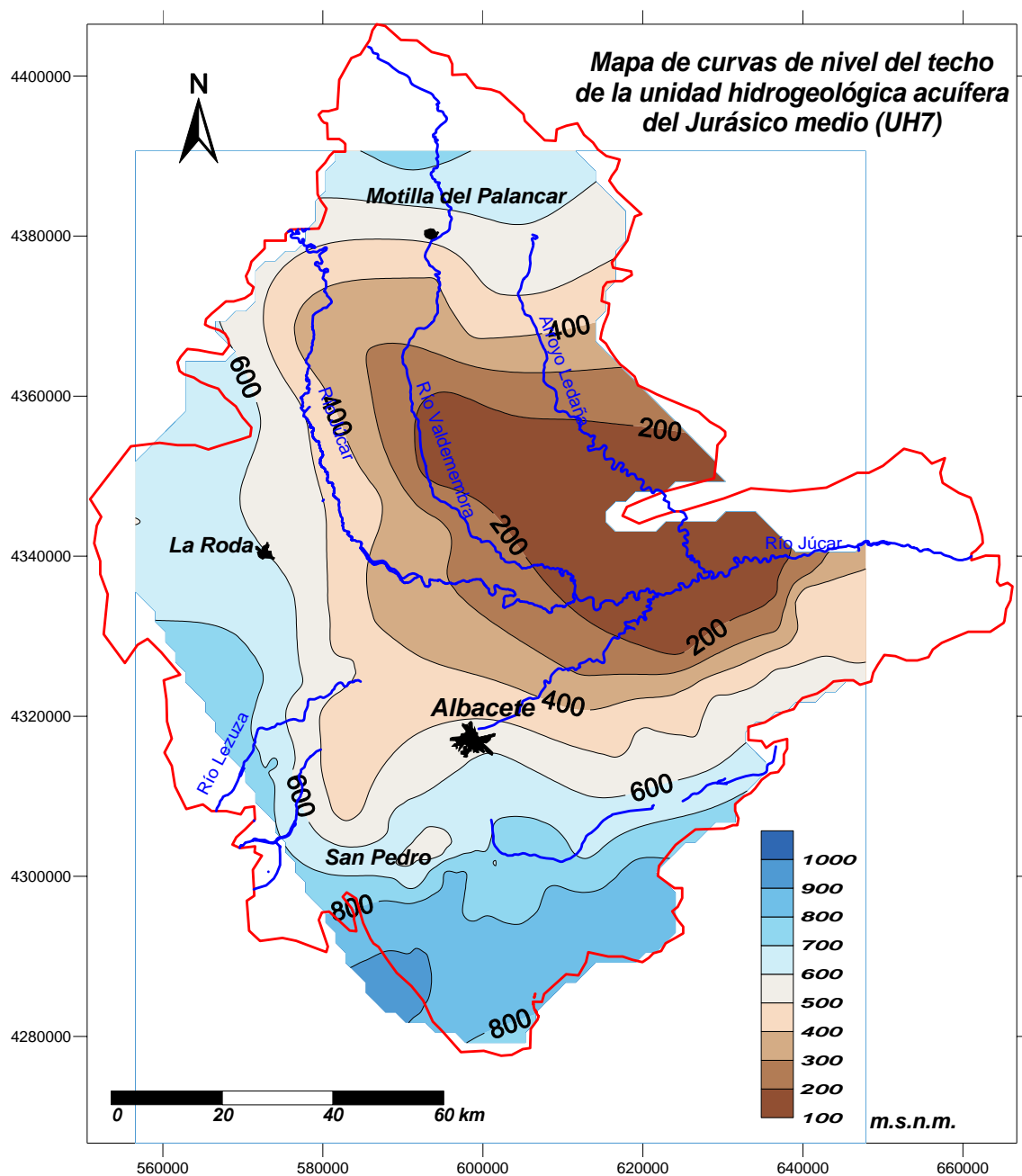
En el sector noroccidental la unidad aflora en el núcleo de los anticlinales de dirección NO-SE que, hacia el N, conectan con las estructuras de las sierras de Altomira y las estribaciones meridionales de la serranía de Cuenca. La UH7 se introduce bajo la Llanura de Albacete-Cuenca gracias a los accidentes tectónicos de Pozoamargo y el escalón suroccidental de la serranía de Cuenca (Figura 3.4). Como sugiere el plano de isolíneas (Figura 4.3) estos accidentes tectónicos deforman, mediante suaves pliegues, la UH7.

En la zona del macizo de Montearagón-Carcelén, como se ha descrito en el Capítulo 3, los materiales que constituyen la UH7 se ven afectados por importantes fracturas con desplazamiento vertical (Cortes hidrogeológicos 2 y 7; Anexo IV y Figura 4.3).

En el extremo meridional del sistema hidrogeológico la UH7 se encuentra aflorando en las alineaciones de Pozocañada, Pozohondo y el Salobral. Estas alineaciones están provocadas por fallas normales o pliegues poco apretados de dirección NE-SO (Corte hidrogeológico 12; Anexo IV), que configuran el aspecto del conjunto conocido como “teclas de piano” (I.G.M.E., 1979a). Como se describirá en el apartado siguiente, estas

alineaciones pueden provocar la desconexión de materiales de la misma edad o importantes disminuciones de potencia, conformando compartimentos individualizados en el sistema hidrogeológico.

En el borde occidental estos materiales se encuentran en una disposición prácticamente tabular y se introducen suavemente y acompañados de fracturas bajo los materiales pliocuaternarios de la Llanura (Figura 4.3. y Corte hidrogeológico 10).



**Figura 4.3. Plano de curvas de nivel del techo de la Unidad Hidrogeológica 7 (UH7), acuífero del Jurásico medio.**

□ ***Unidad Hidrogeológica 6 (UH6). Acuífugo (impermeable) del Jurásico superior***

Esta unidad está constituida por la Formación Lorente de edad Oxfordiense superior–Kimeridgiense inferior (Figura 3.3). Esta formación comprende un conjunto de materiales margo-arcillosos que le confiere un carácter impermeable a efectos hidrogeológicos. La UH6 se deposita sobre un “Hardground” existente en la parte superior de la UH7 y el techo lo constituyen los materiales del Jurásico superior de la UH5.

Esta unidad sólo se encuentra en la zona oriental del sistema acuñándose hacia la parte occidental (Cortes hidrogeológicos 1, 2, 6, 7 y 10; Anexo IV). En las zonas donde esta unidad presenta su máxima potencia, unos 200 m, interrumpe la conexión hidráulica entre las unidades acuíferas UH7 y UH5.

□ ***Unidad Hidrogeológica 5 (UH5). Acuífero del Jurásico superior***

La UH5 está constituida por la Formación Gallinera de edad Kimeridgiense medio-superior y Portlandiense inferior (Malm). Esta formación está compuesta por materiales carbonatados (calizas y dolomías) fracturados, que le permiten almacenar y transmitir agua en cantidades apreciables (Figura 3.3).

Esta unidad presenta una potencia media de unos 100 m y su extensión se asemeja a la que caracteriza a la unidad hidrogeológica UH6. Según I.G.M.E. (1979a) su conexión hidráulica con materiales permeables infrayacentes de la UH7 se produce a partir de saltos de falla de gran entidad. La UH5 aparece normalmente confinada por los materiales del Cretácico inferior (UH4). Tanto su extensión como geometría se pueden observar en los Cortes hidrogeológicos 1, 2, 6, 7 y 10; Anexo IV. La importancia de esta unidad se reduce únicamente al ámbito local como consecuencia de su escasa extensión.

□ ***Unidad Hidrogeológica 4 (UH4). Acuífugo (Impermeable) del Cretácico Inferior***

Esta unidad hidrogeológica está constituida por la “Facies Weald”, la “Facies Utrillas”, y las formaciones Quesada y Franco (Figura 3.3). Se compone de un conjunto heterogéneo de arenas, arcillas y margas que supera los 250 m en algunos sectores. La naturaleza de los materiales permite calificarla como impermeable.

Esta unidad aparece confinando las unidades hidrogeológicas del Jurásico superior (UH5) y del Jurásico medio (UH7). En el sector oriental del sistema hidrogeológico la “Facies Weald” forma la base de esta unidad mientras que, en el sector occidental dicha base está constituida por la “Facies Utrillas” que se deposita discordante en las fosas tectónicas desarrolladas en la UH7. Esta unidad aflora de forma extensible al S del macizo de Carcelén-Montearagón. En las zonas donde no aflora en superficie, el techo lo conforman los materiales del Cretácico superior (UH3), y los materiales detríticos del terciario (UH1) (Cortes hidrogeológicos 1, 2, 3, 6 y 7; Anexo IV).

Destacar que los materiales de la “Facies Utrillas” se pueden comportar como acuitardo o acuífero de escasa entidad cuando se encuentran en estado libre, como se pone de manifiesto en el trabajo de Gómez-Alday *et al.* (2004) donde se estudia el entorno de la Laguna salada de Pétrola.

□ ***Unidad Hidrogeológica 3 (UH3). Acuífero del Cretácico superior***

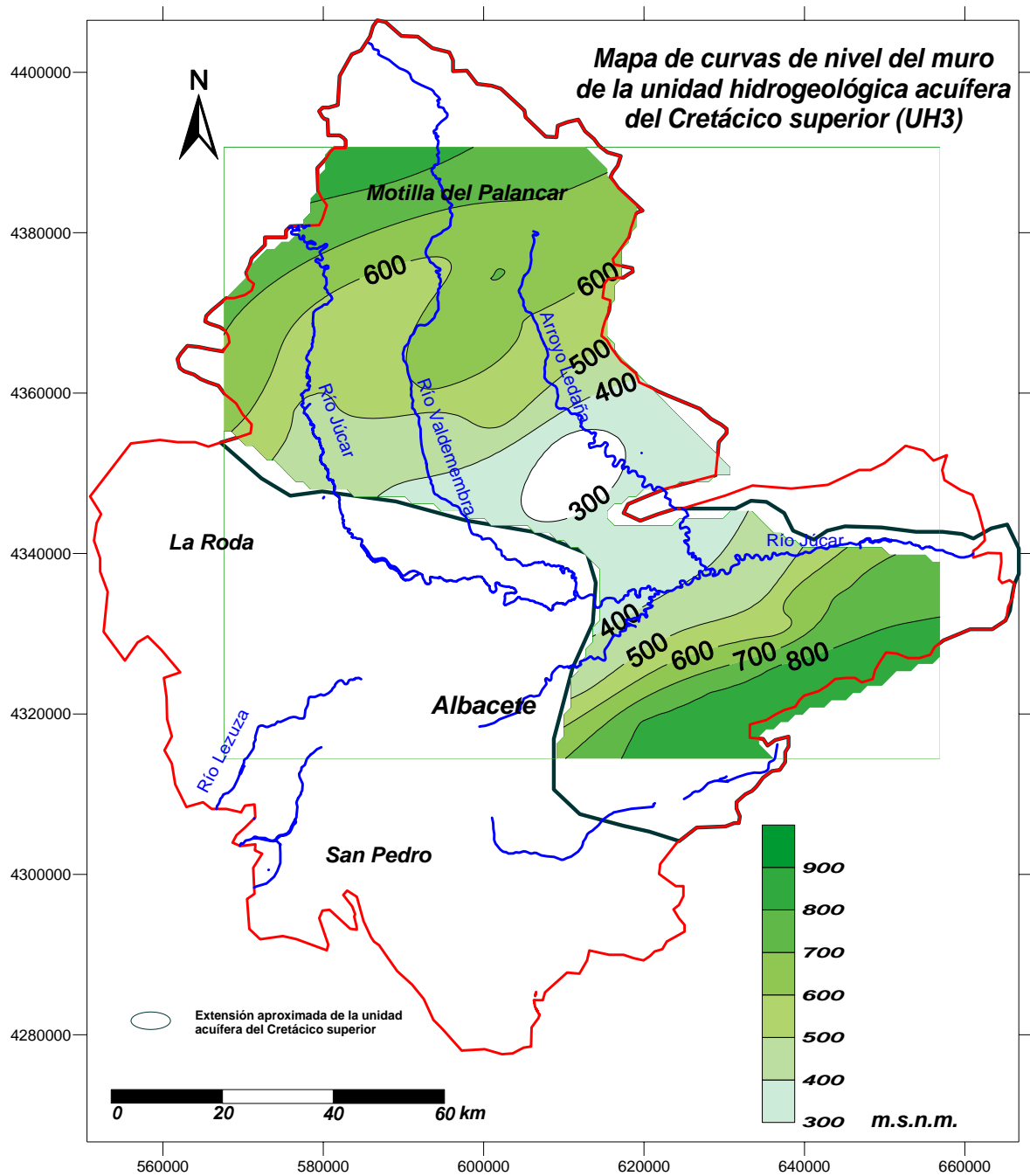
La UH3 comprende la Formación Benejama de edad Turonense-Senosense (Figura 3.3). Está compuesta por un conjunto carbonatado (calizas y dolomías) fracturado y karstificado, que permite considerarla como acuífero a efectos hidrogeológicos. A techo de esta Formación pueden aparecer materiales margosos con una potencia inferior a los 50 de reducida permeabilidad. Su límite inferior lo constituyen los materiales de la unidad UH4. El techo de la UH3 esta formado, en la mayoría de las ocasiones, por una discordancia erosiva sobre la que se depositan los materiales detríticos del terciario (UH1). Sin embargo el techo de la UH3 también puede estar compuesto por los

materiales de la unidad hidrogeológica del Mioceno medio (UH2) en discordancia angular (Cortes hidrogeológicos 1, 2, 3, 6 y 7; Anexo IV).

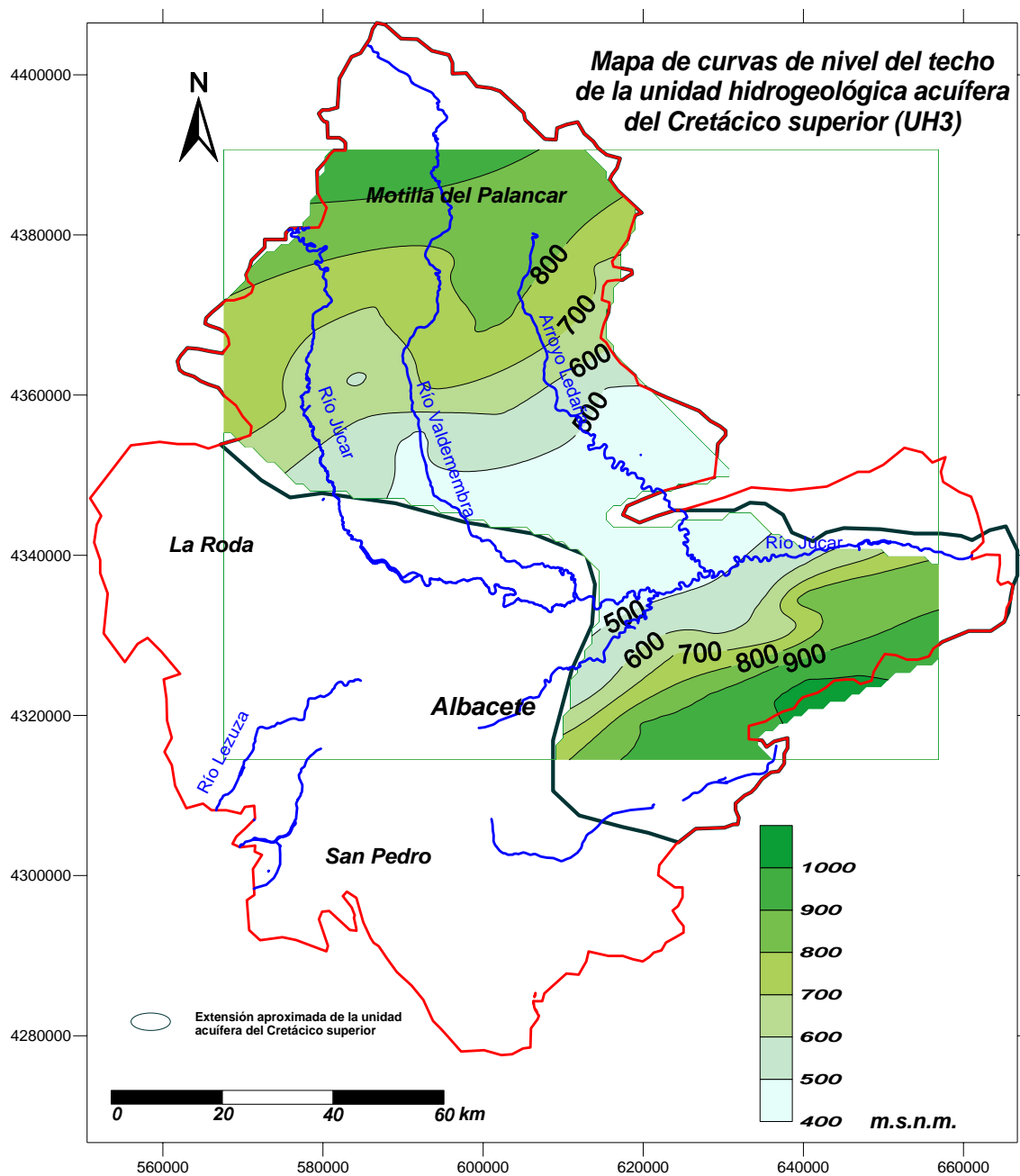
Esta unidad aflora en el sector N del sistema y en el macizo Montearagón-Carcelén, desapareciendo bajo la Llanura de Albacete-Cuenca con gran buzamiento gracias a la existencia de accidentes tectónicos. Su extensión queda limitada al sector septentrional y oriental del sistema hidrogeológico. La morfología de esta unidad acuífera queda representada por cuñas que alcanzan una potencia máxima de 200 m y disminuye hacia la mitad suroccidental del sistema (Cortes hidrogeológicos 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8 y 10; Anexo IV).

A partir de la interpretación de las isolíneas del techo y muro de esta unidad acuífera (Figuras 4.3 y 4.4), se observa que en la zona N las orientaciones de las flexiones son NE-SO y NO-SE mientras que, en la zona SE, las orientaciones son E-O que pasan a NE-SO.





**Figura 4.4.** Plano de curvas de nivel del muro de la Unidad Hidrogeológica 3 (UH3), acuífero del Cretácico superior.



**Figura 4.5. Plano de curvas de nivel del techo de la Unidad Hidrogeológica 3 (UH3), acuífero del Cretácico superior.**

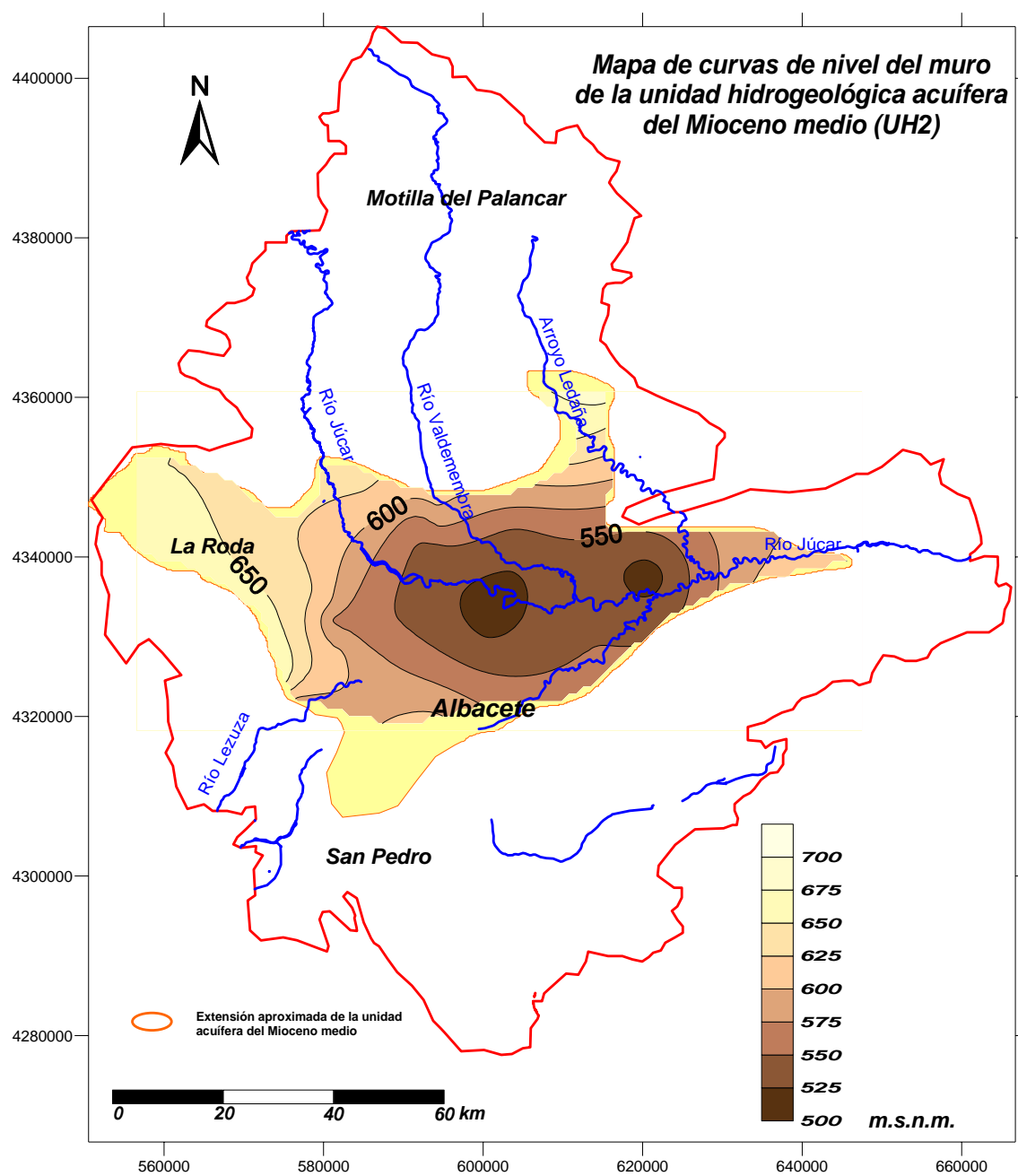
□ ***Unidad Hidrogeológica 2 (UH2). Acuífero del Mioceno medio***

La UH2 está formada por las unidades tectosedimentarias definidas como “U.T.S. 2” por Santos García (1984) o “Calizas del río Júcar” establecidas por Pérez González (1982) (Figura 3.3). Esta unidad se denomina tradicionalmente acuífero Ponticense y está constituida por calizas con intercalaciones de materiales arcillosos, configurando una secuencia alternante con margocalizas y margas (I.G.M.E., 1980a).

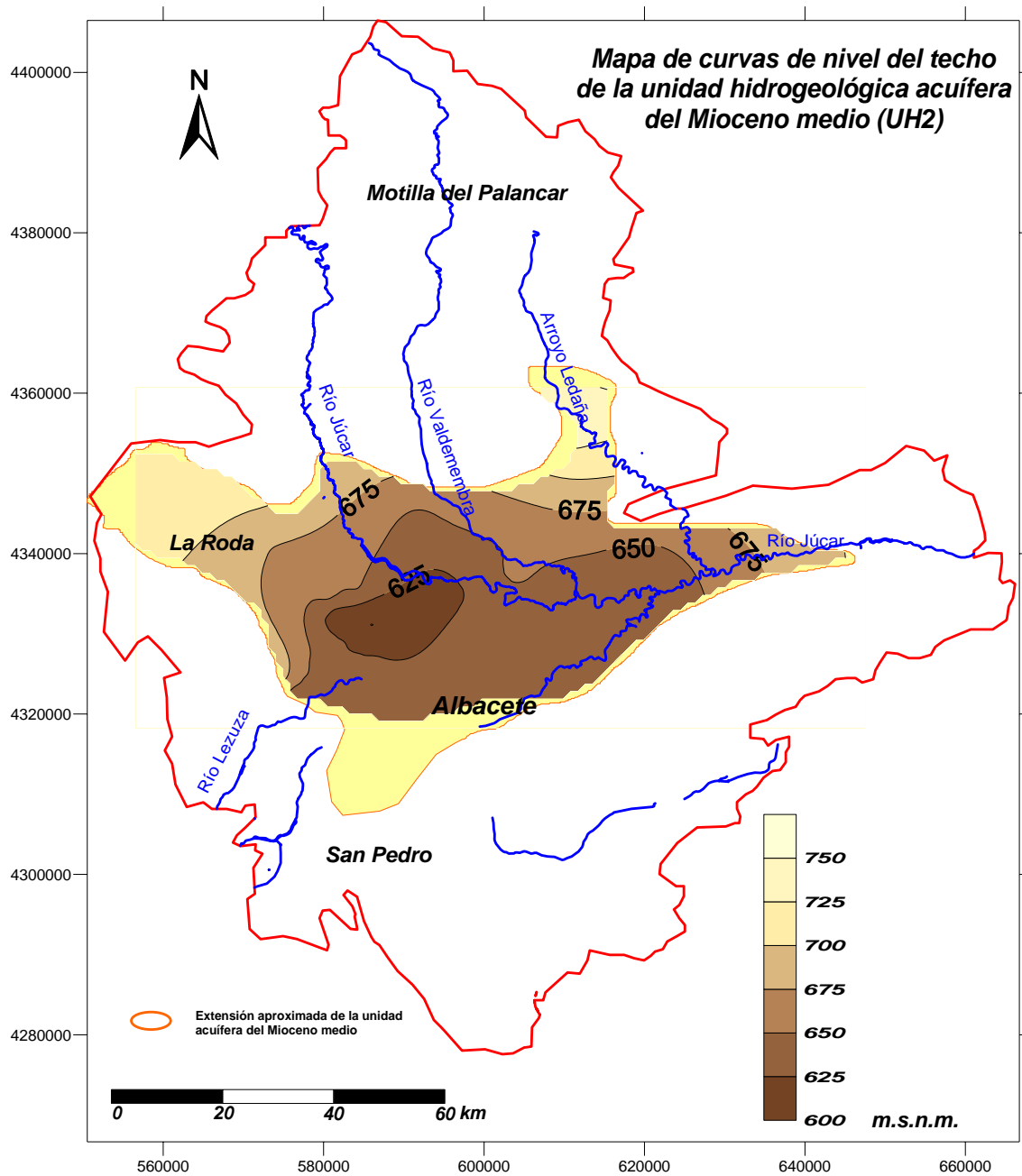
Estos materiales presentan tanto a techo como a muro depósitos detríticos del terciario. En ocasiones, esta unidad se pone en contacto con las unidades acuíferas del Jurásico medio (UH7) y Cretácico superior (UH3), como se puede interpretar en los Cortes hidrogeológicos 1, 2, 4, 6, 7, 9 y A.T.S; Anexo IV.

Tanto la extensión como la geometría de estos materiales acuíferos se pone de manifiesto por un lado, en los cortes hidrogeológicos y por otro, en las superficies del techo y el muro de la unidad hidrogeológica (Figuras 4.5 y 4.6 respectivamente). Esta unidad tiene una extensión limitada, situándose en la zona centro del sistema en las proximidades del río Júcar, y su morfología es de carácter lenticular. En los cortes hidrogeológicos 4, 5, 8, 9 y A.T.S.; Anexo IV, se observan lentejones de estos materiales, los cuales se encuentran dispersos hacia los bordes siendo más abundantes en el E.

Los mayores espesores de la UH2 se aprecian en las proximidades del río Júcar (Alcalá del Júcar), con potencias superiores a los 150 m. Estos depósitos disminuyen su potencia hacia los bordes de forma cuasiconcéntrica y parecen no estar afectados directamente por la fracturación que si afecta a los materiales mesozoicos.



**Figura 4.6. Plano de curvas de nivel del muro de la Unidad Hidrogeológica 2 (UH2), acuífero del Mioceno medio.**



**Figura 4.7. Plano de curvas de nivel del techo de la Unidad Hidrogeológica 2 (UH2), acuífero del Mioceno medio.**

□ ***Unidad Hidrogeológica 1 (UH1). Acuitardo (Semipermeable) del Terciario-Cuaternario detrítico***

Los materiales terciarios tienen una gran variabilidad espacial de facies. Esta característica hace que numerosos autores, como se observó en el Capítulo 3, subdividan el terciario en varias Formaciones, miembros o Unidades Tectosedimentarias. En este trabajo la caracterización de las diferentes facies se ha simplificado y se han unificado todos los materiales de carácter detrítico-margoso en una única unidad, que a efectos hidrogeológicos se la puede considerar como semipermeable. Por tanto, la UH1 está formada por el conjunto de las Unidades Tectosedimentarias (U.T.S. 1, 3 y 4), definidas por Santos García (1984), (véase Figura 3.3).

Esta unidad se encuentra presente en la mayoría del sistema actuando como acuitardo. El techo será la superficie del terreno donde no afloren los materiales del mesozoico y el muro vendrá definido por el techo, ya sea de los materiales Cretácicos o Jurásicos. Las mayores potencias de estos materiales, unos 200 m, se dan en la parte central del sistema y en las fosas que afectan al basamento mesozoico. En las proximidades de los ríos Jardín y Lezuza la UH1 tiene un carácter detrítico grueso y puede considerarse como acuífero. Tanto la extensión como geometría de esta unidad acuífera se pueden observar en los Cortes hidrogeológicos 1 a 12; Anexo IV.

### 4.3. Dominios Hidrogeológicos

La división del sistema Mancha Oriental en dominios hidrogeológicos es consecuencia de la evolución tectónica regional y, por este motivo, están en concordancia con los dominios estructurales contemplados en el Capítulo 3. Así, se definen tres dominios hidrogeológicos (Figura 4.1.): a) Dominio Hidrogeológico Septentrional (DHS), b) Dominio Hidrogeológico Central (DHC), y c) Dominio Hidrogeológico Meridional (DHM). En este apartado se describen los límites y extensión de cada uno de los dominios, y las unidades hidrogeológicas presentes.

#### □ *Dominio Hidrogeológico Septentrional (DHS)*

Este dominio hidrogeológico coincide con el dominio estructural descrito en el Capítulo 3, denominado “Estribaciones meridionales de la Cordillera Ibérica”. Su límite NO es la divisoria de aguas entre las cuencas del río Júcar y Guadiana; su límite NE coincide con la divisoria de aguas del río Júcar y Cabriel. El límite meridional del DHS coincide con el soterramiento de los materiales mesozoicos bajo el relleno terciario de la llanura manchega. Este límite está acompañado por fracturas con desplazamiento vertical sin que se produzca la desconexión entre los materiales geológicos a un lado y otro de las fracturas (Figura 4.1). La mayoría de los estudios hidrogeológicos realizados en el entorno de la zona de estudio (I.G.M.E., 1979a, 1980a, 1988a; CHJ, 1999) coinciden con delimitar este dominio por sus diferentes características hidrogeológicas respecto al resto del sistema hidrogeológico.

El DHS presenta una extensión de unos 1.900 Km<sup>2</sup> y en el se encuentran presentes las unidades hidrogeológicas acuíferas del Cretácico superior (UH3) y del Jurásico medio (UH7), separadas por las unidades hidrogeológicas acuífugas del Cretácico inferior y medio (UH4) y del Jurásico superior (UH6).

La unidad acuífera del Jurásico medio (UH7), cuya potencia oscila entre 200 y 300 m, aflora en el núcleo de los anticlinales. Se encuentra confinada en la mitad oriental del dominio, por los materiales acuífugos del Jurásico superior (UH6), que alcanzan una

potencia media de 150 m y, en la mitad occidental por los materiales del Cretácico inferior (UH4) cuya potencia oscila entre 100 y 250 m. Por encima de estos materiales y en estado libre, se encuentra la unidad acuífera del Cretácico superior (UH3). Esta unidad presenta una potencia variable (50-200 m), debido a los procesos de erosión diferencial y la aparición de fallas de dirección NE-SO (Cortes hidrogeológicos 1 a 3; Anexo IV).

□ ***Dominio Hidrogeológico Central (DHC)***

Este dominio coincide en su delimitación con el dominio estructural conocido como “Llanura de Albacete-Cuenca” (véase Capítulo 3). Por el N, se encuentra separado del DHS por la desaparición de los materiales mesozoicos bajo el relleno terciario y por la desaparición lateral de la UH2. El límite S lo configura la LFM que, con una anchura de unos 10 km y una dirección NE-SO, se extiende desde Alcaraz hasta los afloramientos diapíricos de Casas Ibáñez. Los límites E y O están establecidos por los límites impermeables del sistema hidrogeológico (Figura 4.1). Los informes hidrogeológicos (I.G.M.E., 1980a, 1988a; CHJ., 1999) subdividen este dominio hidrogeológico en subzonas en función de diferentes evoluciones piezométricas. Según las investigaciones llevadas a cabo en esta Tesis Doctoral no se han encontrado evidencias basadas en las características estructurales presentes en este dominio para poder afirmar la existencia de estas subzonas. Además, como se verá en el Capítulo 6, las evoluciones piezométricas de los puntos de control situados en cada una de las unidades acuíferas presentes en este dominio tienen unas tendencias parecidas entre sí.

Este dominio presenta una extensión de unos 3.500 Km<sup>2</sup> y se caracteriza por la superposición de las unidades hidrogeológicas acuíferas del Jurásico medio (UH7), Cretácico superior (UH3) y del Mioceno medio (UH2), separadas entre sí por las unidades hidrogeológicas acuitardo/acuífugas del Cretácico inferior (UH4) y del Terciario arenoso-margoso (UH1). El conjunto conforma un sistema multicapa con conexiones laterales. En los bordes del DHC las unidades acuíferas mesozoicas se encuentran en estado libre (zona oriental, UH3 y zona occidental, UH7). En el interior del DHC se hallan los materiales acuíferos del Mioceno medio (UH2) y los materiales



del Terciario detrítico (UH1) que semiconfinan a las unidades acuíferas UH3 y UH7 (Cortes hidrogeológicos 1 a 10; Anexo IV).

En la zona SE de este dominio, en las proximidades de la LFM, se encuentra una franja compuesta por materiales detríticos pertenecientes a la UH1. Esta unidad está compuesta por arenas y gravas con intercalaciones arcillosas que cambian lateralmente a materiales margoso-arcillosos e incluso a calizas lacustres, las cuales pueden actuar como acuífero. Estos depósitos presentan espesores considerables capaces de almacenar y de transmitir agua.

Desde una perspectiva estructural este dominio se caracteriza por la presencia de una serie de fracturas de dirección NE-SO y NO-SE e incluso O-E. Las zonas de conexión de estas direcciones de fracturación (Mahora, Tarazona de la Mancha, La Roda, La Gineta) configuran las áreas donde los pozos tienen mayor rendimiento.

#### □ ***Dominio Hidrogeológico Meridional (DHM)***

En este dominio, que coincide con las Etribaciones Septentrionales del Prebético externo y el macizo de Montearagón-Carcelén (véase Capítulo 3), las características estratigráficas y estructurales son propias del Prebético externo. La mayoría de los estudios hidrogeológicos (I.G.M.E., 1979a, 1980a, 1988a), hacen mención especial a su conexión con el sistema hidrogeológico multicapa de la llanura (DHC).

Su límite septentrional es la LFM y una barrera de baja permeabilidad provocada por la alineación de varias fracturas. La UH7 constituye la unidad acuífera de mayor entidad dentro de este dominio. Las unidades de menor interés son los acuitardos o acuíferos formados por los materiales arenosos del Cretácico inferior (UH4) cuando se encuentran en estado libre. Señalar que la UH3 (Cretácico superior) aflora en la mitad oriental del DHM y se encuentra siempre por encima de la superficie piezométrica.

Estructuralmente es una zona fracturada formada por una serie de bloques hundidos y levantados que impiden en algunos casos la conexión hidráulica entre ellos (Corte hidrogeológico 12; Anexo IV y Figura 4.1). La dirección principal de las fracturas que delimitan estos bloques es NE-SO y cambian a dirección ENE-OSO en las zonas orientales del DHM. Esta delimitación coincide con la propuesta en la investigación hidrogeológica de las cuencas altas Júcar-Segura (I.G.M.E., 1979a). Sin embargo, en esta Tesis Doctoral se diferencian cuatro bloques que, de E-O son: Bloque Salobral-Llanos de Albacete, Bloque Moro-Nevazos, Bloque Pozocañada y Bloque macizo de Montearagón-Carcelén. A continuación se realiza una descripción de los bloques enunciados:

□ *Bloque Salobral-Llanos de Albacete*

Esta zona conocida como “Los Llanos de Albacete y Salobral” tiene una extensión de unos 400 Km<sup>2</sup>. El límite NO lo constituye la LFM, la cual origina la desconexión lateral de los materiales acuíferos pero no la desconexión hidráulica. El límite SE es la fractura Salobral-San Pedro que con una dirección NE-SO constituye una barrera impermeable para el flujo subterráneo (Corte hidrogeológico 12; Anexo IV). Los afloramientos margosos del Jurásico inferior (UH8) forman el límite S de este bloque (Figura 4.1).

La unidad acuífera de mayor entidad en este bloque es la UH7 cuya potencia, en este dominio, es de unos 250 m con variaciones espaciales debido a fenómenos de erosión. Descansando sobre dicha unidad altamente fracturada, karstificada y erosionada aparecen los depósitos detríticos del Terciario (UH1) que aumentan su espesor hacia el N (Cortes hidrogeológicos 9, 5, 12 y ATS; Anexo IV).

□ *Bloque Moro-Nevazos*

Esta zona se ha definido anteriormente por diversos estudios (I.G.M.E., 1979a, 1980a). Presenta una extensión de unos 550 Km<sup>2</sup>. El límite O es una fractura (Falla Salobral-San Pedro) que lo separa del bloque anterior (Bloque Salobral-Los Llanos). Hacia el S está delimitado por la falla de Pozohondo y los afloramientos de la unidad acuífuga del

Jurásico inferior (UH8). El límite E está configurado por un conjunto de fracturas con desplazamiento vertical y pliegues poco apretados de dirección NE-SO, entre las que destaca la falla de Pozocañada. Su límite N es bastante difuso y puede llegar a existir conexión hidráulica con la Llanura de Albacete-Cuenca (Figura 4.1 y Corte hidrogeológico 12; Anexo IV). La principal unidad acuífera presente en este bloque es la UH7 presentando potencias que oscilan entre 100 y 250 m. Los materiales Pliocuaternarios de la UH1 semiconfinan a la UH7.

□ *Bloque Pozocañada*

Esta zona se ha denominado Bloque Pozocañada según (I.G.M.E., 1979a, 1980a). Presenta una extensión de unos 260 Km<sup>2</sup>. Está delimitado al O por el bloque Moro-Nevazos. El límite E corresponde a la divisoria de aguas con la cuenca del río Segura. El límite N lo conforma una fractura de dirección E-O, conocida como falla de Montearagón -Alpera (Figura 3.4 y 4.1).

La unidad acuífera de mayor entidad en este compartimiento es la del Jurásico medio (UH7), la cual presenta importantes variaciones de potencia a causa de la intensa fracturación presente en la zona. También se encuentra en este bloque la unidad acuífera UH5 que puede llegar a comunicarse hidráulicamente con la UH7 mediante saltos de falla. También forma parte de este bloque la UH4 que se comporta como acuífero de poca importancia cuando se manifiesta como “Facies Utrillas” y se halla en estado libre, como sucede en el entorno de la Laguna salada de Pétrola (Gómez-Alday *et al.*, 2004).

□ *Bloque macizo Montearagón-Carcelén*

Este sector se corresponde con un bloque levantado de unos 600 Km<sup>2</sup> (macizo de Montearagón-Carcelén) que está flanqueado al N y al S por fracturas de importante desplazamiento vertical tapizadas por los materiales terciarios. Estas fracturas tienen una dirección OSO-ENE e incluso O-E (Quesada *et al.*, 1967). La conexión por el S con los bloques descritos anteriormente se produce mediante la fractura Montearagón-Alpera (Figura 4.1).

Las unidades acuíferas presentes son la unidad hidrogeológica del Jurásico superior (UH5) y la del Jurásico medio (UH7) que se localizan a profundidades superiores a los 400 m. La unidad acuífera UH3 se encuentra por encima de la zona saturada y puede generar fuentes colgadas, aprovechando niveles impermeables. Esta unidad se encuentra altamente fracturada y erosionada y actúa como una esponja favoreciendo la filtración del agua de lluvia hacia niveles inferiores. La unidad acuífera del Jurásico superior (UH5) está confinada por más de 300 m de materiales impermeables del Cretácico inferior (UH4). En este bloque se observa que entre la UH7 y la UH5 no existe conexión hidráulica debido a la existencia de más de 200 m de materiales impermeables del Jurásico superior (UH6) (véase Corte hidrogeológico 7; Anexo IV).



## **5. PARÁMETROS HIDRÁULICOS**

---



## 5.1. Introducción

Como quedó reflejado en los antecedentes (véase Capítulo 1), son numerosas las investigaciones que cuantifican los valores de parámetros hidráulicos para las diferentes unidades acuíferas presentes en el sistema hidrogeológico de la Mancha Oriental (I.G.M.E 1971, 1979a, 1988a, entre otras).

El análisis pormenorizado de estas investigaciones permite concluir que existen lagunas en el conocimiento como por ejemplo: a) la existencia de amplias zonas dentro del sistema hidrogeológico caracterizadas por la ausencia de datos relativos a la transmisividad ( $T$ ), caudal específico ( $Q_{esp}$ ) y coeficiente de almacenamiento ( $S$ ), b) en las zonas donde, sí se dispone de datos se observa que la mayoría de éstos son de caudal específico y no de transmisividad ni coeficiente de almacenamiento, c) los valores de los parámetros hidráulicos ( $T$ ,  $S$  y  $Q_{esp}$ ) establecidos para cada unidad acuífera según estudios como I.G.M.E (1971, 1979a y 1988a), se encuentran en un rango de valores bastante amplio, consecuencia de la heterogeneidad de los acuíferos kársticos. Asimismo, en estas investigaciones los valores obtenidos no se distribuyen espacialmente dentro de cada unidad acuífera. Por último d) la obtención de los valores de  $T$  y de  $S$  en acuíferos heterogéneos, como es el caso del sistema hidrogeológico de la Mancha Oriental, mediante las pruebas de bombeo y la interpretación de las mismas por los métodos tradicionales se ha debatido ampliamente en los trabajos de Sánchez Vila *et al.* (2000). En estos trabajos se pone de manifiesto la poca fiabilidad de los datos de  $S$  obtenidos con este tipo de pruebas.

Por tanto, para intentar solventar estas incertidumbres, el objetivo principal de este Capítulo es determinar la distribución espacial, ya sea cualitativa o cuantitativamente, de los parámetros hidráulicos en cada una de las unidades acuíferas establecidas dentro del sistema hidrogeológico de la Mancha Oriental y analizar el rendimiento probable de las captaciones de agua referidas en dichas unidades (UH7, UH4, UH3, UH2 y UH1).

Para ello, se han recogido en el inventario de puntos de agua (véase Tabla 2.2; Anexo II) unos 80 datos de  $T$ , 15 datos de  $S$  y 492 datos de  $Q_{esp}$  en un total de 527 sondeos.



Dentro de los límites de la zona de estudio existen 458 puntos (15 puntos/Km<sup>2</sup>) con algún dato referido a los parámetros hidráulicos y se hallan otros 69 puntos en el entorno de los límites del sistema, coincidiendo con las divisorias de aguas que actúan como límites de los sistemas adyacentes. De estos puntos se ha analizado sus características constructivas y se ha comprobado la ubicación de las zonas de admisión de agua en la posición de la columna litológica, separando estos puntos según las unidades hidrogeológicas que estén explotando y según el dominio en que se encuentren. En la Tabla 5.1 se desglosa el número de puntos por cada unidad hidrogeológica.

Además, con objeto de rellenar los espacios carentes de información, de confirmar la validez de las pruebas de bombeo en acuíferos kársticos y de comparar los resultados obtenidos con los recopilados durante el inventario de puntos de agua, se decidió realizar una campaña de ensayos de bombeo. Se realizaron 9 pruebas de bombeo (2 situadas en la UH2, 3 en la UH3 y 4 en la UH7) de las cuales 5 no pudieron ser interpretadas ya que durante todo el tiempo que duró la prueba el caudal bombeado no produjo descenso alguno, fenómeno que se explica por los enormes valores de almacenamiento que presentan estas unidades acuíferas. Este es el caso de los ensayos de bombeo 5, 6, 7, 8 y 9 (Figura 5.1). Las pruebas que si pudieron ser interpretadas (1, 2, 3 y 4) se pueden evaluar en el Anexo V.

En la Figura 5.1, se observa por un lado, la distribución espacial de las pruebas de bombeo realizadas dentro del sistema hidrogeológico y por otro, la totalidad de los puntos con algún dato referido a los parámetros hidráulicos. Se observa que el mayor volumen de información pertenece al sector suroccidental del sistema hidrogeológico, mientras que la ausencia de datos se observa en dos sectores coincidentes con áreas sin explotaciones agrarias (sector N del sistema hidrogeológico y el macizo de Montearagón).

<i>Unidades Hidrogeológicas</i>	<i>Número total de puntos</i>
UH1. Acuitardo	75
UH2. Acuífero	123
UH3. Acuífero	14
UH4. Acuífugo	4
UH5. Acuífero	4
UH6. Acuífugo	0
UH7. Acuífero	168
UH8. Acuífugo	0
UH9. Acuífugo	0
Varias Unidades Hidrogeológicas	36
Se desconoce cuál explota	103
<b>TOTAL</b>	<b>527</b>

**Tabla 5. 1. Número de datos sobre Parámetros Hidráulicos en cada Unidad Hidrogeológica acuífera (UH).**

Destacar que la diferencia de edad de las unidades hidrogeológicas acuíferas, los procesos de sedimentación y erosión posterior, y las características estructurales del área investigada han condicionado probablemente sus propiedades hidrodinámicas. Por ello, se ha comprobado mediante tests estadísticos que los valores de caudal específico de las principales unidades hidrogeológicas acuíferas presentes en cada dominio (UH1, UH2, UH3 y UH7) pertenecen a distintas poblaciones. A un nivel de significación del 95%, se concluye que el rendimiento de los pozos está influido por la ubicación de los mismos con relación a la unidad hidrogeológica acuífera que se explota. La descripción metodológica de estos tests se puede observar en Capítulo 2.

Como se refirió en párrafos anteriores de este Capítulo, la mayoría de los datos existentes corresponden a valores de  $Q_{esp}$ . Por tanto, para cada unidad acuífera de la que se dispone de un suficiente número de datos, se intenta correlacionar los datos de  $Q_{esp}$  con los de  $T$  a partir de relaciones empíricas como proponen Custodio y Llamas (1983).

Una vez obtenidos los datos de transmisividad a partir de esta correlación, se efectúa una aplicación de la metodología empleada por Krásný (2003), (Capítulo 2).

Como apuntan Samper y Carrera (1996) los valores de  $T$  y  $Q_{\text{esp}}$  siguen una distribución logarítmico-normal, por lo que los logaritmos de estos valores presentan una distribución normal. De esta manera, resulta sencillo determinar los parámetros estadísticos elementales, media aritmética ( $X$ ) y desviación estándar ( $s$ ). En el intervalo  $(X \pm s)$ , se encontrará el 68 % de los valores de  $\log(T)$ , denominado *fondo hidrogeológico* y fuera del intervalo  $(X \pm s)$  se representan las anomalías positivas y negativas (Krásný, 2003).

Con los valores de  $\log(T)$  y  $\log(Q_{\text{esp}})$  de cada unidad acuífera y sus parámetros estadísticos elementales se realiza una gráfica de frecuencias acumuladas de la que se puede obtener:

- a) la probabilidad de que, haciendo un pozo en una de las unidades acuíferas establecidas, obtengamos un caudal específico u otro.
- b) la magnitud de  $T$  de cada unidad acuífera (según la posición de la línea ajustada a la nube de puntos)
- c) la variabilidad de la  $T$  en cada unidad acuífera (según la inclinación de la línea ajustada a la nube de puntos).

El procedimiento mencionado forma una base para la clasificación de la magnitud y la variabilidad de la transmisividad (Tablas 5.2. y 5.3) por la que se expresa el tipo de transmisividad en la zona de estudio (Krásný, 1993).

Clase de la Magnitud de la Transmisividad	Denominación de la transmisividad del acuífero	Transmisividad (m <sup>2</sup> /día)	Caudal aproximado en L/s de un pozo con descenso teórico de 10 m
0	Extremadamente alta(*)	10.000 - 100.000	>100 (*)
I	Muy alta	1.000 - 10.000	>100
II	Alta	100 - 1.000	10 - 100
III	Moderada	10 - 100	1 - 10
IV	Baja	1 - 10	< 1
V	Muy baja	< 1	<< 1

Tabla 5. 2. Magnitud de la Transmisividad según Krásný (1993).

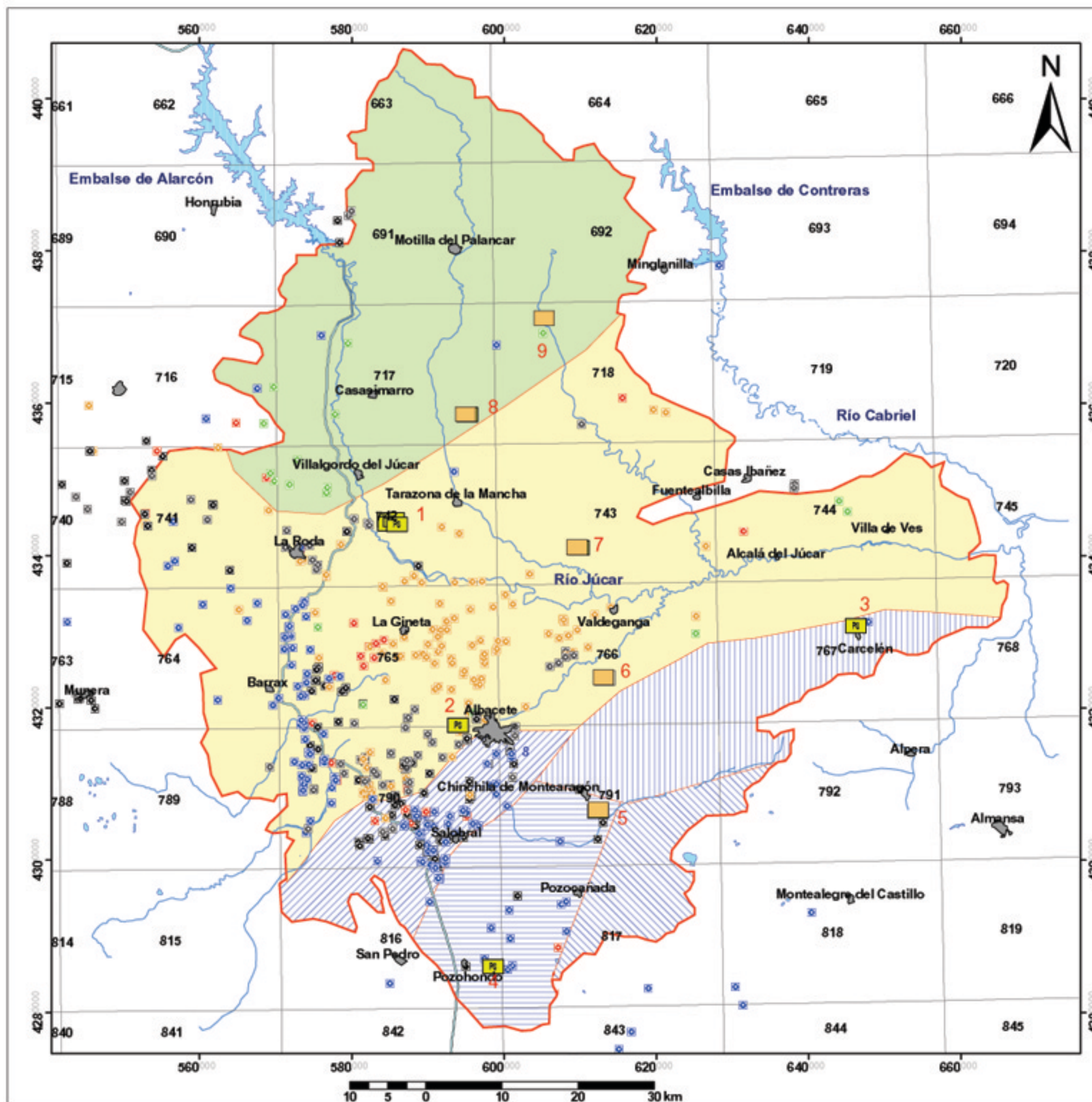
Desviación estándar de la transmisividad(*)	Clase de variabilidad de la transmisividad	Denominación de la variabilidad de la transmisividad	Denominación del medio hidrogeológico desde el punto de vista de su heterogeneidad hidráulica (**)
< 0,2	a	Insignificante	Homogéneo
0,2 - 0,4	b	Pequeña	Poco heterogéneo
0,4 - 0,6	c	Moderada	Bastante heterogéneo
0,6 - 0,8	d	Grande	Considerablemente heterogéneo
0,8 - 1,0	e	Muy Grande	Muy heterogéneo
> 1,0	f	Extremadamente grande	Extremadamente heterogéneo

Tabla 5. 3. Variabilidad de la Transmisividad en distintos medios hidrogeológicos, según Krásný (1993).

Una vez determinado el rendimiento de los pozos y establecido la magnitud y variabilidad de los valores de  $T$  en cada unidad acuífera se ha intentado realizar la distribución espacial de los valores de  $T$ . La ausencia de datos y su distribución mal repartida dentro de las UH hace que sólo en la UH2 se haya podido realizar una distribución cuantitativa de los valores de  $T$  mediante métodos geoestadísticos tipo Krigging. Respecto a las demás unidades acuíferas se ha realizado una distribución cualitativa, indicando zonas con  $T$  medias en función de los valores de los ensayos realizados y los recopilados en el inventario de puntos de agua.

Respecto a los valores de  $S$  se determinan los valores medios de cada unidad acuífera teniendo en cuenta el estado (libre o confinado) del acuífero a partir de los cortes hidrogeológicos del Anexo IV.





## LEYENDA

- Límite Sistema Hidrogeológico
- Núcleos de población
- Cursos de agua
- Masas de agua superficial
- Trasvase Tajo-Segura
- 790 Hojas 1:50.000

- PS Zonas de Ensayo realizadas e interpretadas
- Zonas de Ensayo realizadas y NO interpretadas

## PUNTOS CON VALORES DE PARÁMETROS HIDRÁULICOS SEGUN UNIDAD ACUÍFERA EXPLOTADA

- Unidad acuífera del Jurásico medio (UH7)
- Unidad acuífera del Cretácico superior (UH3)
- Unidad acuífera del Mioceno medio (UH2)
- Unidad acuífera del Terciario detrítico (UH1)
- Varias unidades acuíferas al mismo tiempo
- No se tienen datos sobre la unidad explotada

## DOMINIOS HIDROGEOLÓGICOS

- Dominio Hidrogeológico Septentrional
- Dominio Hidrogeológico Central

## Dominio Hidrogeológico Meridional

- Bloque Salobral-Los Llanos
- Bloque Moro-Nevazos
- Bloque Pozoafiada
- Bloque Montearagón-Carcelén

**FIGURA 5.1.**

Situación de los puntos con parámetros hidráulicos y las zonas de bombeo ensayadas según:  
 -Unidad acuífera explotada  
 -Dominio hidrogeológico

Para una mejor comprensión de este Capítulo y, del Anexo V donde se interpretan y discuten los ensayos de bombeo realizados, se ha considerado necesario recordar algunos conceptos básicos referentes a los parámetros hidráulicos.

El concepto de *acuífero* se puede definir como “formación geológica que almacena y transmite agua, proporcionando cantidades apreciables de agua en pozos y manantiales, de una manera fácil y económica” (Bates y Jackson, 1987). Esa capacidad de almacenar y de transmitir agua viene definida por los parámetros hidráulicos *Permeabilidad* (K) y *Coeficiente de Almacenamiento* (S).

También se puede usar el término *Transmisividad* (T), que es la capacidad de un medio para transmitir agua en todo su espesor, obteniéndose como el producto de la permeabilidad por el espesor saturado del acuífero (Custodio y Llamas, 1983)

El *rendimiento de los pozos* se puede medir a partir del *Caudal Específico* ( $Q_{esp}$ ), que se define como “el cociente entre el caudal de agua bombeado y el descenso, estabilizado a efectos prácticos, del nivel del agua producido en el pozo” (Custodio y Llamas, 1983), este parámetro está íntimamente ligado a la transmisividad real del acuífero mediante relaciones empíricas.

La *porosidad eficaz* se define como el volumen de agua que se obtiene por drenaje gravitacional de una muestra de material permeable inicialmente saturada en relación con el volumen total de la muestra (Fetter, 2001). Cuando hay que tener en cuenta la deformación elástica del agua y los materiales, caso de los acuíferos confinados y semiconfinados, la capacidad de almacenamiento en estas condiciones viene dada por (Jacob, 1950; Cooper, 1966):

$$S = \gamma b (m\beta + \alpha)$$

Donde:

$S$  = Coeficiente de almacenamiento

$\Gamma$  = Peso específico del agua

$b$  = Espesor saturado del acuífero

$\beta$  = Coeficiente de compresibilidad dinámica del agua

$\alpha$  = Coeficiente de compresibilidad del acuífero

En último lugar señalar que, el *coeficiente de almacenamiento* ( $S$ ) es el volumen de agua liberado por una columna de acuífero de altura igual al espesor saturado del mismo y de sección unitaria, al disminuir el potencial hidráulico en una unidad. (Custodio y Llamas, 1983), siendo esta definición válida para todo tipo de acuífero.

A continuación se realiza una caracterización de las propiedades hidrodinámicas de las unidades hidrogeológicas acuíferas (UH7, UH4, UH3, UH2 y UH1).



## 5.2. Propiedades hidrodinámicas de las unidades hidrogeológicas acuíferas

### □ *Unidad Hidrogeológica 7 (UH7). Acuífero del Jurásico medio*

Esta unidad está formada por dolomías y calizas frecuentemente karstificadas y se encuentra confinada en su mayor parte excepto en el sector meridional y occidental donde se halla en estado libre (Capítulo 4 y Cortes hidrogeológicos 1 a 12; Anexo IV).

Los informes hidrogeológicos realizados en la zona de estudio (I.G.M.E., 1979a, 1988a) que cuantifican las características hidrodinámicas de la unidad hidrogeológica del Jurásico medio (UH7) determinan que los valores de parámetros hidráulicos son sensiblemente diferentes según su posición con respecto a la Línea de Fracturación Múltiple (LFM). Sin embargo, no se ha efectuado una cuantificación concreta. Los valores de T establecidos por estos estudios varían entre 1.000 y 93.000 m<sup>2</sup>/día. Los valores de S varían en función del estado del acuífero. En las zonas donde el acuífero se comporta como libre tiene unos valores semejantes a los de la porosidad eficaz 1-6%, pero cuando el acuífero se introduce bajo la Llanura de Albacete-Cuenca y aparece en carga sus valores oscilan entre 10<sup>-3</sup> y 10<sup>-4</sup>.

Durante el inventario de puntos de agua se han recopilado para esta unidad 147 datos de Q<sub>esp</sub>, 59 puntos con valores de T y 10 de S, distribuidos de forma desigual por dicha unidad hidrogeológica. De los valores de caudal específico se tiene 62 puntos pertenecientes al DHS y DHC, y 85 al DHM. (Figura 5.1). Los pozos que explotan esta unidad acuífera suelen tener unos caudales específicos que rondan entre 5 y más de 150 l/s/m. Existen excepciones con mínimos de 1 l/s/m y máximos de 530 l/s/m.

Dentro de la UH7 se eligieron 4 zonas para realizar ensayos de bombeo (zonas de ensayo 2, 3, 4 y 5) (Figura 5.1). La zona de ensayo 5 no pudo ser interpretada, ya que durante todo el tiempo que duró la prueba el caudal bombeado (100 l/s) no provocó descenso alguno en el pozo, lo que implica unos elevados valores de almacenamiento. En las zonas de ensayo 2, 3 y 4 se realizaron 3 ensayos de bombeo (véase Anexo V), de los cuales se han derivado las siguientes conclusiones.

Los valores de T interpretados se encuentran dentro de los establecidos en los estudios (I.G.M.E., 1979a, 1988a) para esta unidad, salvo los obtenidos en la zona de ensayo 2. Sin embargo, los resultados logrados respecto a S en estas pruebas de bombeo no reflejan los valores representativos para la unidad acuífera. Las pruebas de bombeo 2, 3 y 4 se realizaron en algunos de los límites de los dominios hidrogeológicos establecidos en el Capítulo 4, con objeto de confirmar las evidencias geológicas de estos límites. La interpretación y discusión de estos resultados se observan en el Anexo V.

La zona de ensayo 2 se sitúa en las inmediaciones de la Línea de Fracturación Múltiple (LFM), entre los dominios hidrogeológicos Central y Meridional (Bloque Salobral-Los Llanos) (Figura 5.1). Los resultados obtenidos de T oscilan entre 60 y 130 m<sup>2</sup>/día. En efecto, los valores de T son sensiblemente inferiores respecto a los recopilados en el inventario de puntos de agua en uno y otro lado de dicha línea (>1.000 m<sup>2</sup>/día). Este hecho es consecuencia del cambio de litología y por tanto de permeabilidad, provocado por la LFM.

La zona de ensayo 3 se sitúa en el límite entre el Bloque Montearagón-Carcelén (DHM) y el DHC (Figura 5.1). Los valores de T interpretados (1.000 y 3.500 m<sup>2</sup>/día) se encuentran dentro del rango existente de transmisividad para la UH7. Sin embargo durante la interpretación de este ensayo de bombeo las gráficas de descensos-tiempo para el pozo de bombeo y el de observación, muestran dos alineaciones bien definidas. En función de la localización de los pozos en una zona limitada por fracturas se han interpretado estas alineaciones como la interceptación de los conos de bombeo con un borde impermeable (falla). Este hecho confirma, en esta zona, el límite entre el Bloque Montearagón-Carcelén (DHM) y el DHC.

La zona de ensayo 4 está localizada en las proximidades de Pozohondo dentro del bloque Moro-Nevazos (Figura 5.1). Los valores de T interpretados están próximos a los 1.000 m<sup>2</sup>/día. Al igual que en la zona de ensayo 3 las gráficas descenso-tiempo del pozo de bombeo muestran dos alineaciones bien definidas provocadas por la interceptación de los conos de bombeo con los límites impermeables. Con este ensayo se demuestra, en esta zona, la compartimentación que tiene la UH7 en el Bloque Moro-Nevazos.

Una vez recopilados los datos de  $T$  y  $Q_{\text{esp}}$  en el inventario de puntos de agua y realizadas las pruebas de bombeo para la UH7 se observó que los valores de  $T$  y  $Q_{\text{esp}}$  son ostensiblemente diferentes en función de su posición respecto a la LFM. En efecto, se ha demostrado en Sanz, D. (2003) y en este trabajo, mediante tests no paramétricos, que el rendimiento de los pozos es diferente al NE y al SO de la Línea de Fracturación Múltiple (LFM) (límite entre los dominios Central y Meridional), siendo más productivos (mayor transmisividad) los del DHM.

Debido al predominio de los valores de  $Q_{\text{esp}}$  (147 datos) sobre los de  $T$  (59 datos) se ha establecido para cada una de las poblaciones dentro de la UH7 la correlación entre  $T$  y  $Q_{\text{esp}}$  (Figuras 5.2 y 5.3).

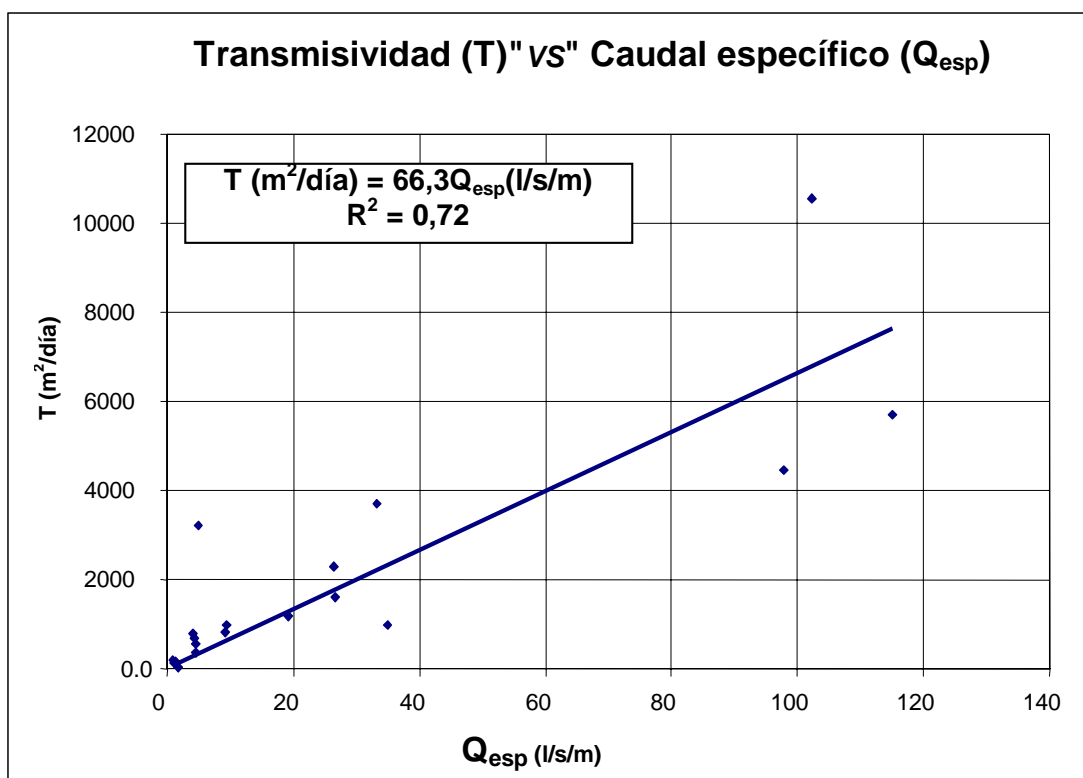
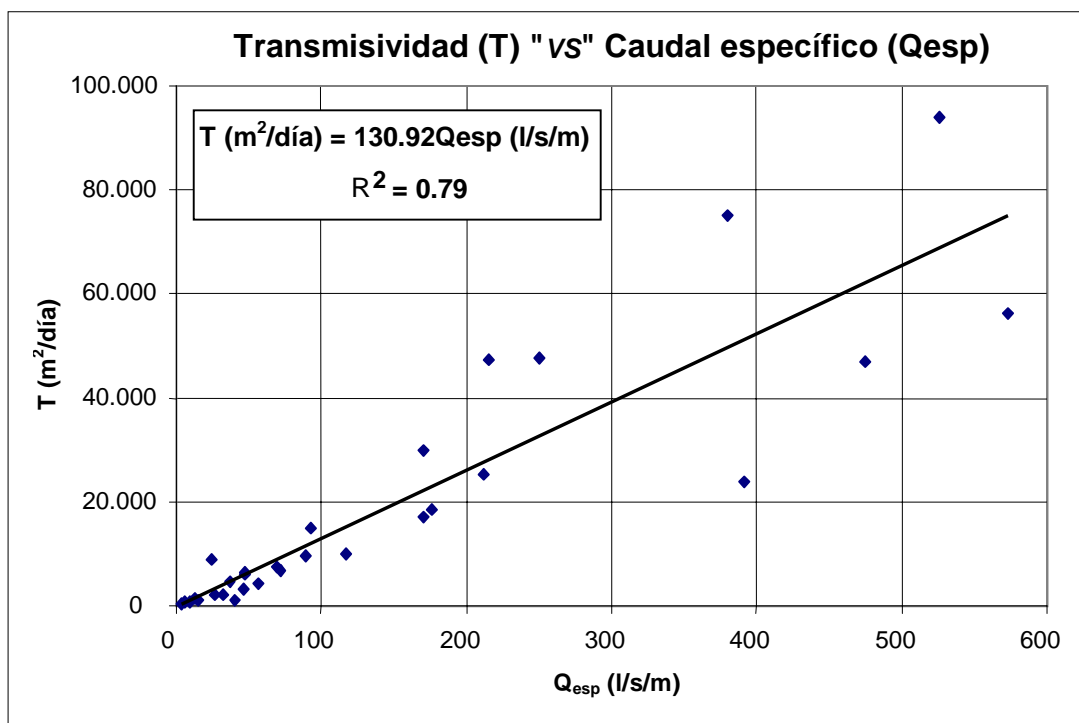


Figura 5.2. Recta de regresión entre transmisividad y caudal específico para los puntos que explotan la unidad acuífera del Jurásico medio (UH7), situados en DHS y DHC (al NO de la Línea de Fracturación Múltiple Alcaraz-Albacete).



**Figura 5.3.** Recta de regresión entre transmisividad y caudal específico para los puntos que explotan la unidad acuífera del Jurásico medio (UH7), situados en el dominio hidrogeológico Meridional (al SE de la Línea de Fracturación Múltiple Alcaraz-Albacete).

Con las relaciones establecidas en las Figuras 5.2 y 5.3 se han obtenido los valores de transmisividad estimada en función de los datos de  $Q_{\text{esp}}$ . Estos valores se han transformado en  $\log(T)$ , mediante sus logaritmos, para obtener una distribución normal. A partir de esta distribución se han podido encontrar con facilidad los parámetros estadísticos básicos (media aritmética y desviación típica). De este modo se ha confeccionado la curva de frecuencias acumuladas relativas para los valores de  $\log(T)$  y  $\log(Q_{\text{esp}})$  para la UH7 en el DHS y DHM (Figura 5.4) y para la UH7 en el DHM (Figura 5.5).

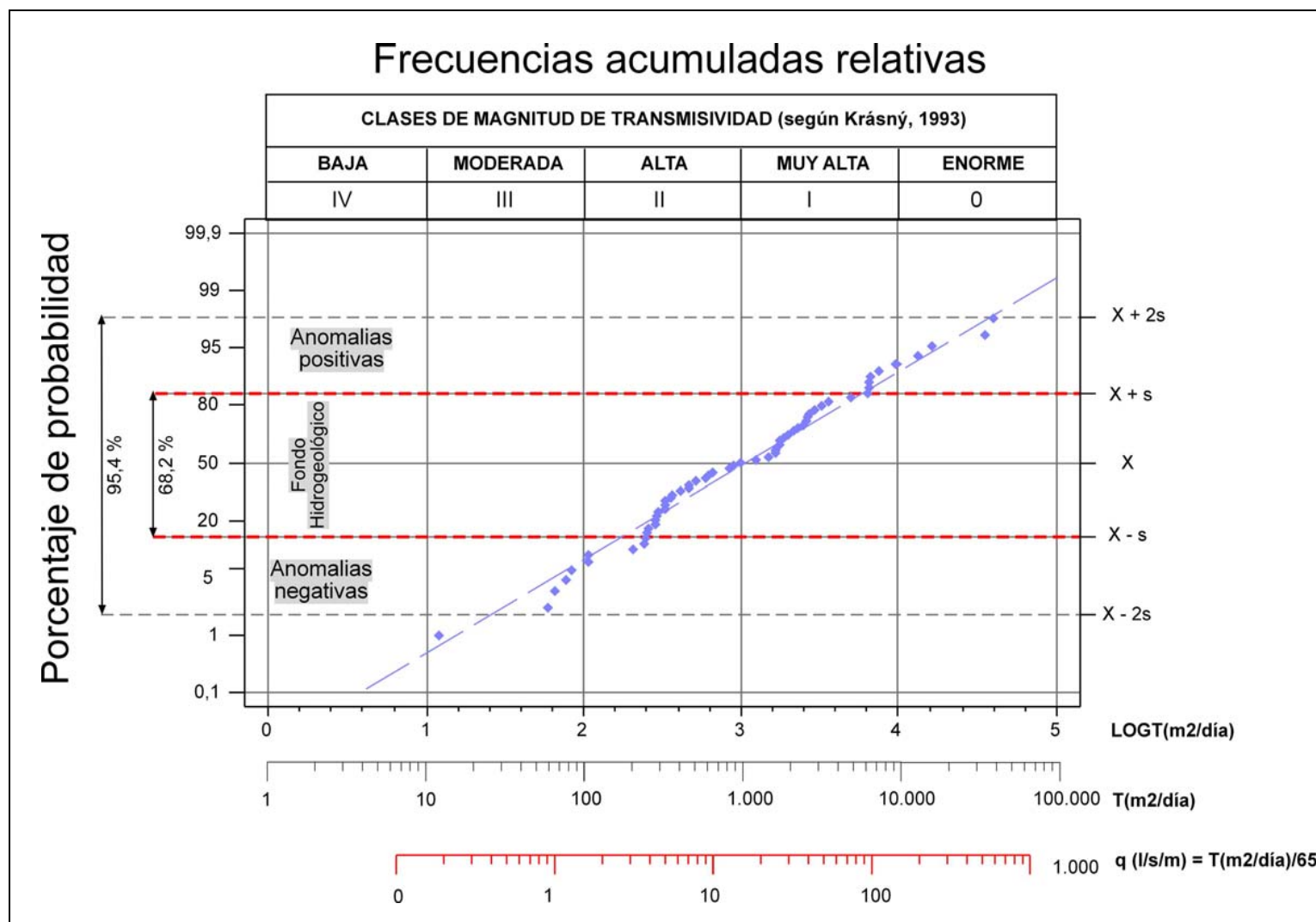


Figura 5.4. Frecuencias acumuladas relativas de los valores de transmisividad de la Unidad Hidrogeológica Acuífera del Jurásico medio (UH7) al NO de la L.F.M. (DHC y DHS). Número de datos 62.

En la Figura 5.4 se muestran los datos representativos de transmisividad (T) para esta unidad en los Dominios Hidrogeológicos Septentrional (DHS) y Central (DHC) (al NO de la LFM). El fondo hidrogeológico oscila entre 200 y 6.000 m<sup>2</sup>/día, siendo el valor medio de 1.000 m<sup>2</sup>/día. Las anomalías positivas varían entre 6.000 y 30.000 m<sup>2</sup>/día mientras que las anomalías negativas son del orden de 200 y 10 m<sup>2</sup>/día. La pendiente de la recta es poco pronunciada lo que demuestra la alta desviación típica de los logaritmos de T. El medio hidrogeológico es considerablemente heterogéneo.

A partir de la Figura 5.4 se observa que los caudales específicos más abundantes en esta unidad acuífera varían entre unos 2 y 100 l/s/m. Además, se puede determinar la probabilidad de que realizando un pozo al azar se obtenga un determinado caudal específico ( $Q_{\text{esp}}$ ).

Por ejemplo:

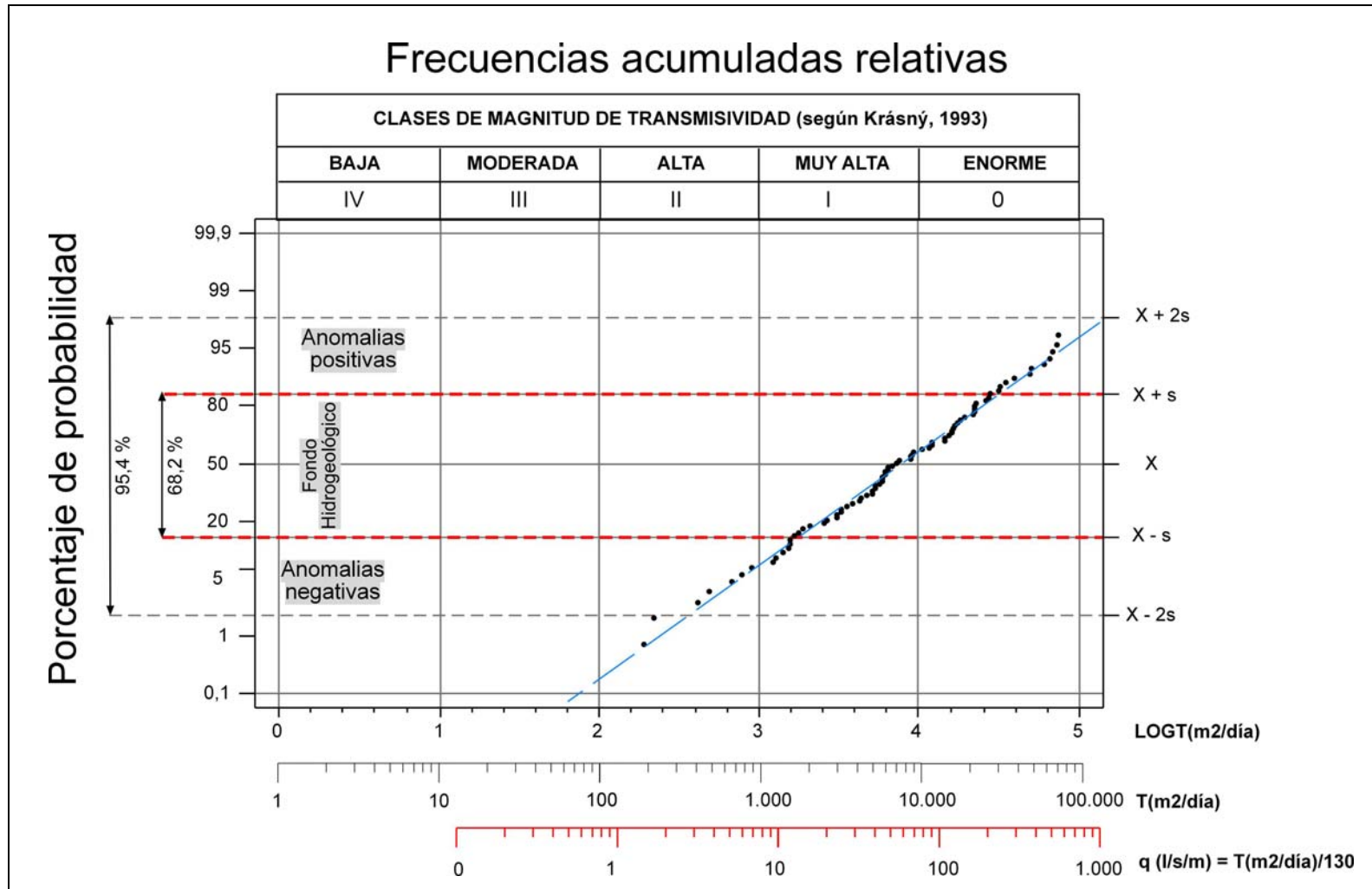
- La probabilidad de realizar un pozo que bombee  $\leq 10$  l/s y se produzca una depresión teórica de 1 m del nivel del agua es del 30-40%.
- La probabilidad de obtener un caudal específico ( $Q_{\text{esp}}$ )  $\leq 100$  l/s/m es superior al 80%, o dicho de otra forma, existe una baja probabilidad (20%) de obtener caudales específicos  $\geq 100$  l/s/m.

No se dispone de datos de coeficiente de almacenamiento para esta unidad hidrogeológica en el ámbito de los dominios Central y Septentrional. Sobre la base de los Cortes hidrogeológicos; Anexo IV se puede determinar el estado libre o confinado de la unidad acuífera. A partir de esta información y con los valores de S estimados por Villanueva Martínez e Iglesias López (1984) para calizas y dolomías jurásicas se puede intuir espacialmente el coeficiente de almacenamiento de la UH7.

Libre:  $2 \times 10^{-2}$  -  $6 \times 10^{-2}$

Semiconfinado:  $5 \times 10^{-4}$

Confinado:  $5 \times 10^{-5}$



**Figura 5.5.** Frecuencias acumuladas relativas de los valores de transmisividad de la Unidad Hidrogeológica Acuífera del Jurásico medio (UH7) al SE de la L.F.M. (DHM). Número de datos 85.

En la Figura 5.5, se muestra que los valores de transmisividad representativos de la unidad hidrogeológica en el DHM (SE de la LFM) se pueden clasificar de muy altos a extremadamente altos. El fondo hidrogeológico varía entre 2.000 y 30.000 m<sup>2</sup>/día, siendo el valor medio de unos 10.000 m<sup>2</sup>/día.

Las anomalías positivas se incluyen en un amplio rango que oscila entre 30.000 y 100.000 m<sup>2</sup>/día, por su parte, las anomalías negativas oscilan entre 2.000 y 200 m<sup>2</sup>/día. La heterogeneidad del medio queda reflejada por a) la pendiente de la recta ajustada a la nube de puntos y b) a la alta desviación típica de los valores de log(T) igual a 0,77. Este medio hidrogeológico se puede considerar que tiene una variabilidad de T según Krásný (1993), de grande a muy grande.

A partir de la Figura 5.5, también se observa que los caudales específicos frecuentes en esta unidad acuífera varían entre unos 10 y 200 l/s/m. Además, se puede determinar la probabilidad de que realizando un pozo al azar se obtenga un determinado caudal específico ( $Q_{\text{esp}}$ ).

Por ejemplo:

- La probabilidad de realizar un pozo que bombee  $\leq 10$  l/s y se produzca una depresión teórica de 1 m del nivel del agua es del 80-90%.
- La probabilidad de obtener un caudal específico ( $Q_{\text{esp}}$ )  $\leq 100$  l/s/m es superior al 60%, o dicho de otra forma, existe una probabilidad del 40% de obtener caudales específicos  $\geq 100$  l/s/m.

Los valores de coeficiente de almacenamiento (S) varían según el estado del acuífero, se encuentre libre o en carga. Solamente se dispone de 14 datos de (S) en este dominio hidrogeológico, todos para el estado libre. Los valores estándar de coeficiente de almacenamiento recogidos de Villanueva Martínez e Iglesias López (1984) para acuíferos de calizas y/o dolomías de edad Jurásica son los siguientes

Libre:  $2 \times 10^{-2}$  -  $6 \times 10^{-2}$

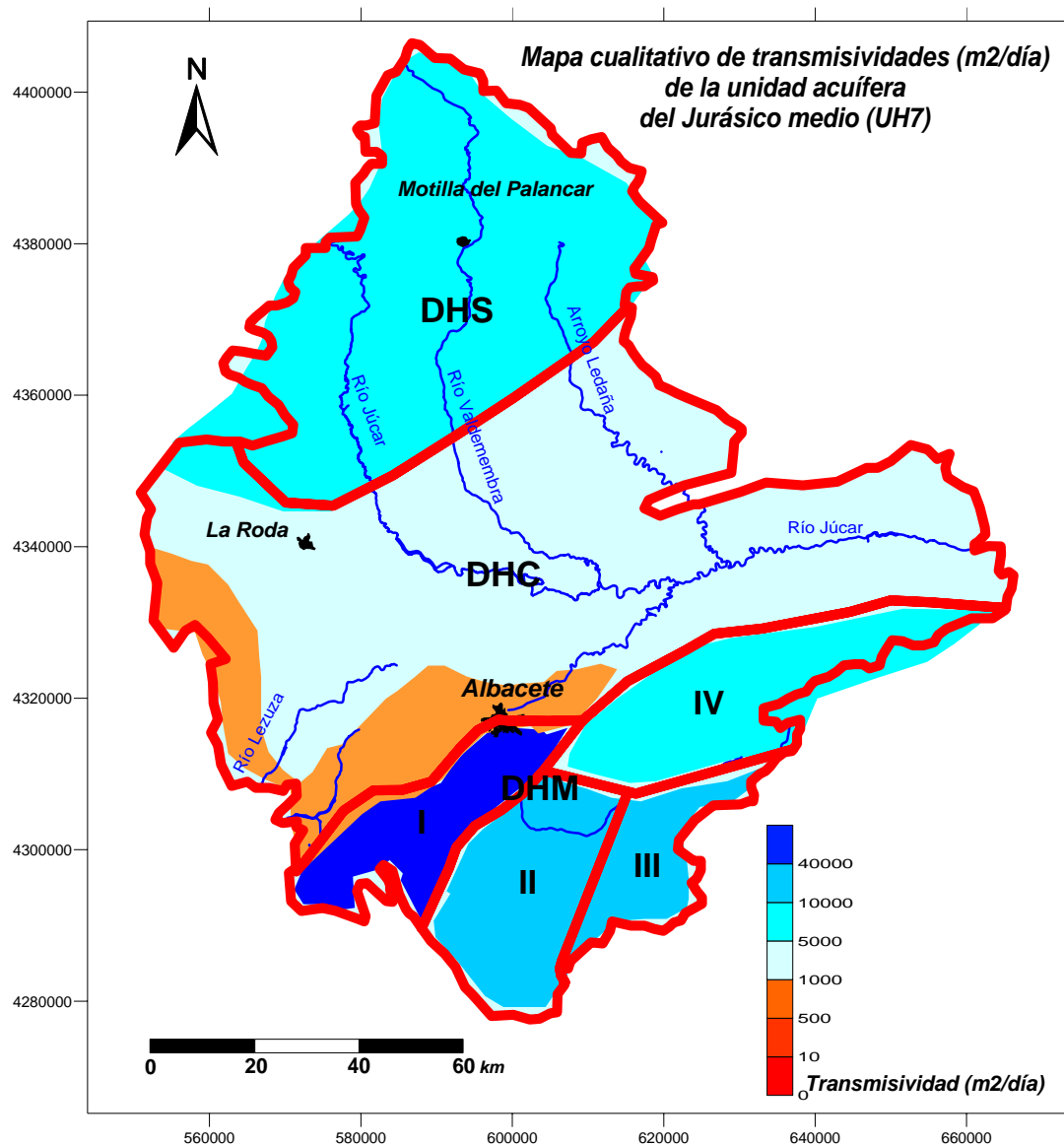
Semiconfinado:  $5 \times 10^{-4}$

Confinado:  $5 \times 10^{-5}$



Una vez determinada la magnitud y variabilidad de la T y el rendimiento probable de los pozos en la unidad hidrogeológica (UH2), el siguiente paso es establecer la distribución espacial de la transmisividad. La ausencia de datos en determinadas zonas hace imposible una distribución espacial de los valores de transmisividad. Los métodos de interpolación existentes pierden criterio científico a la hora de extrapolar los datos. Por tanto, a partir de los valores de transmisividad se realiza una distribución cualitativa para las dos poblaciones existentes en la unidad hidrogeológica del Jurásico medio (UH7), a partir de la interpretación de las zonas de baja permeabilidad provocada por la fracturación y el contraste entre los dominios Central (DHC) y Septentrional (DHS) con respecto al Meridional (DHM) (Figura 5.6).

En general, la unidad acuífera del Jurásico medio presenta unos valores elevados de transmisividad en todo el sistema, con máximos en los límites N y S. En ocasiones estos valores son interceptados por barreras de transmisividad provocadas por fracturas de desgarre y fracturas con desplazamiento vertical, las cuales ponen en contacto materiales de distinta permeabilidad. Este es el caso de las fracturas que individualizan los bloques del DHM. Además, es de destacar transmisividades (bajas-medias) que se encuentran en el entorno de la LFM en las proximidades de la traza del río Jardín. Este hecho está provocado por la desconexión directa de los materiales del Jurásico medio.



**Figura. 5.6.** Distribución cualitativa de los valores de transmisividad  $m^2/día$  de la unidad acuífera del Jurásico medio (UH7). DHS: Dominio Hidrogeológico Septentrional, DHC: Dominio Hidrogeológico Central, DHM: Dominio Hidrogeológico Meridional. I: Bloque Salobral-Los Llanos, II: Bloque Moro-Nevazos, III: Bloque Pozocañada, IV: Bloque Montearagón Carcelén.

□ ***Unidad Hidrogeológica 4 (UH4). Semipermeable del Cretácico inferior y medio***

Esta unidad hidrogeológica tan sólo actúa como acuífero de escasa entidad cuando se encuentra aflorando como arenas del Albiense inferior y en “Facies Utrillas”. Si se encuentra confinada se comporta como impermeable a efectos hidrogeológicos debido a la disminución de la porosidad eficaz por la presión que ejercen los materiales suprayacentes. Estos materiales sólo se encuentran en cuencas endorreicas en la parte más meridional del sistema, coincidiendo con el Dominio Hidrogeológico Meridional (DHM), (Ejemplo: cuenca endorreica de la Laguna Salada de Pétrola).

La capacidad de transmitir y almacenar agua en cantidades apreciables de esta unidad hidrogeológica es muy pequeña si la comparamos con los importantes acuíferos del sistema hidrogeológico. Se ha estimado unos caudales específicos de entre 1-20 l/s/m y unos valores de porosidad eficaz del 5-10%.

□ ***Unidad Hidrogeológica 3 (UH3). Acuífero del Cretácico superior***

Esta unidad acuífera sólo se encuentra saturada en los Dominios hidrogeológicos Septentrional (DHS) y Central (DHM). Está compuesta por un conjunto carbonatado (calizas y dolomías) fracturado y karstificado.

Algunos trabajos como, “Investigación hidrogeológica de la cuenca alta de los ríos Júcar y Segura. Unidad Norte” (I.G.M.E., 1979a) y el “Estudio de la explotación de aguas subterráneas en el acuífero de la Mancha Oriental y su influencia sobre los caudales del río Júcar”(I.G.M.E., 1988a), proveen de las mismas características hidrogeológicas a esta unidad (2.000-4.000 m<sup>2</sup>/día), que a la UH7 presente en el DHS y DHM, basándose en datos obtenidos fuera del sistema hidrogeológico. La comparación puede ser buena al tener las dos unidades acuíferas excepcionales características hidrodinámicas. Según dichos informes los valores de coeficiente de almacenamiento oscilan entre 10<sup>-1</sup> y 10<sup>-2</sup>, lo que indica que la UH3 se encuentra siempre en estado libre, y no siempre lo está, como muestran los Cortes hidrogeológicos 1, 2 y 3; Anexo IV.

La escasez de datos, (20 datos de  $Q_{\text{esp}}$ , 3 de T y ninguno de S) hace imposible la realización de la distribución espacial de estos parámetros así como, la determinación del rendimiento de los pozos realizados en este acuífero. Los datos de T obtenidos para esta unidad en el inventario de puntos de agua muestran un rango de variación alto, y están comprendidos entre 1.000 y 28.000 m<sup>2</sup>/día. Los valores medios se pueden encontrar entre unos 7.000 m<sup>2</sup>/día en el límite N del sistema hidrogeológico, y entre 500 y 1.000 m<sup>2</sup>/día en el entorno del río Júcar, siendo gradual la transición entre ambos valores.

En esta unidad acuífera se intentaron realizar 3 ensayos de bombeo (zonas de ensayo 6, 8 y 9; Figura 5.1). Estas pruebas no pudieron ser interpretadas debido a que durante todo el tiempo que duró la prueba el caudal bombeado (80-100 l/s) no produjo descenso alguno, fenómeno que se explica por los enormes valores de almacenamiento que presenta el acuífero

Al igual que en la UH7, en esta investigación se ha optado por determinar los valores de coeficiente de almacenamiento (S) por un lado, por los dos informes hidrogeológicos anteriormente citados y por otro, por los valores estándar de la bibliografía didáctica (Villanueva Martínez e Iglesias López, 1984).

Libre:  $2 \times 10^{-2}$  -  $6 \times 10^{-2}$

Semiconfinado:  $10^{-3}$  -  $5 \times 10^{-4}$

Confinado:  $10^{-4}$  -  $5 \times 10^{-5}$

□ ***Unidad Hidrogeológica 2 (UH2). Acuífero del Mioceno medio***

Como ya se describió en el Capítulo 4, esta unidad se encuentra únicamente en el Dominio Hidrogeológico Central (DHM) y tiene una extensión limitada, situándose en la zona centro del sistema en las proximidades del río Júcar. La UH2 está constituida por calizas con intercalaciones de materiales arcillosos, configurando una secuencia alternante con margocalizas y margas que presenta una morfología de carácter lenticular.

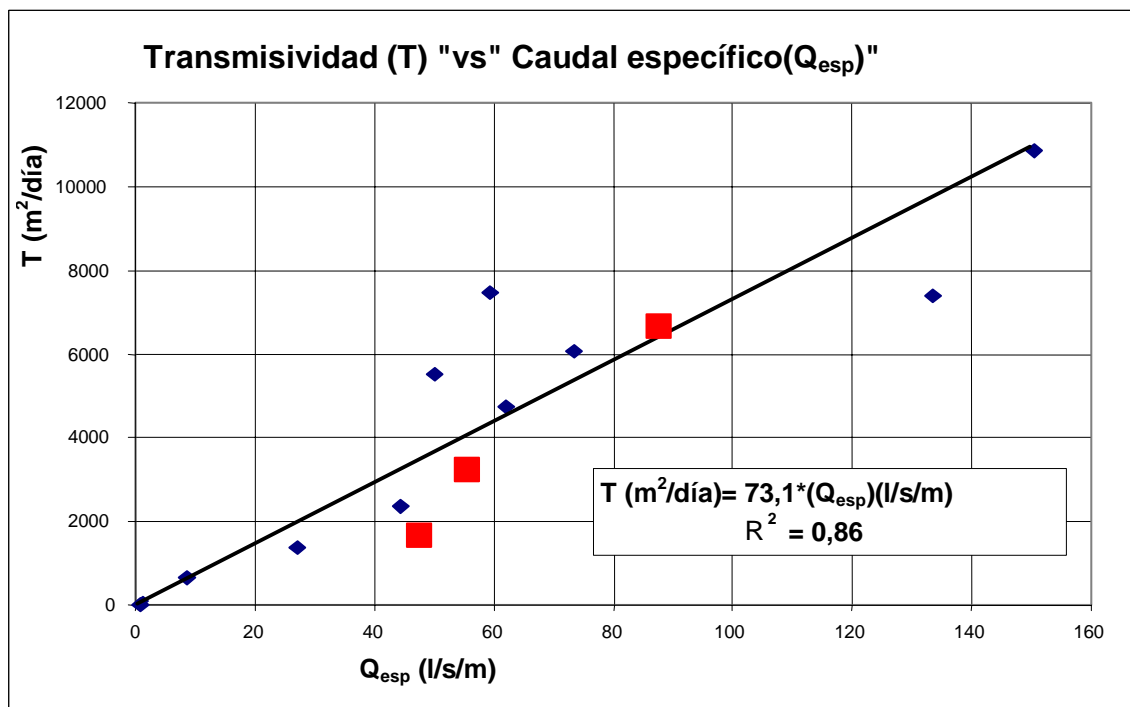
Los estudios hidrogeológicos en el ámbito de la Mancha Oriental que asignan un rango de transmisividades a esta unidad hidrogeológica (I.G.M.E., 1988a y 1979a), determinan unos valores para esta unidad en un amplio rango, que oscila entre 100 y 32.000 m<sup>2</sup>/día. Respecto a los valores de coeficiente de almacenamiento para esta unidad acuífera el estudio “Investigación hidrogeológica de la cuenca alta de los ríos Júcar y Segura. Unidad Norte” (I.G.M.E., 1979a) estima unos valores de S de entre 0,01-0,02 mientras que el segundo de ellos, denominado “Estudio de la explotación de aguas subterráneas en el acuífero de la mancha oriental y su influencia sobre los caudales del río Júcar” (I.G.M.E., 1988a) concluye que este acuífero presenta una S media de 0,03.

Dentro de esta unidad se han recopilado 83 datos de  $Q_{esp}$ , 14 puntos con valores de T y 3 puntos con datos de S (Figura 5.1) y se eligieron dos zonas para realizar sendos ensayos de bombeo (zona de ensayo 1 y 7; Anexo V) de las cuales sólo pudo interpretarse la zona de ensayo 1 (Figura 5.1).

Estos ensayos de bombeo indican que, en esta UH los valores de T oscilan entre 1.000 y 7.000 m<sup>2</sup>/día, siendo un valor representativo de la unidad acuífera y concordante con los conseguidos en (I.G.M.E., 1988a 1979a). Sin embargo los valores de S obtenidos en estas pruebas de bombeo varían de manera relevante de unos pozos a otros, encontrándose en un rango de 10<sup>-3</sup> y 10<sup>-5</sup> (ver gráficas de pozos de observación en zona de ensayo 1; Anexo V). El coeficiente de almacenamiento estimado mediante la interpretación de Jacob refleja sólo el grado de conexión hidráulica entre los puntos de

bombeo y de observación, y sólo parcialmente el verdadero valor de  $S$  en el acuífero, lo que confirma la teoría de Sánchez-Vila *et al.* (2000).

Por otro lado, debido al predominio de los valores de  $Q_{\text{esp}}$  sobre los de  $T$  se ha intentado relacionar estos parámetros mediante relaciones empíricas. Según Custodio y Llamas (1983) los valores de  $T$  y  $Q_{\text{esp}}$  suelen ser empíricamente proporcionales, para ello se ha establecido la correlación entre transmisividad y caudal específico (Figura 5.7), obteniéndose la siguiente relación.



**Figura 5.7.** Correlación entre transmisividad y caudal específico de la Unidad Hidrogeológica Acuífera del Mioceno medio (UH2). (■) los valores obtenidos mediante las pruebas de bombeo realizadas por el autor, (●) los valores obtenidos durante la realización del inventario de puntos de agua.

Con la relación establecida en la Figura 5.7 se han obtenido los valores de transmisividad estimada en función de los datos de  $Q_{\text{esp}}$ . Estos valores se han transformado en  $\log(T)$ , mediante sus logaritmos, para obtener una distribución normal. A partir de esta distribución se han podido hallar con facilidad los parámetros estadísticos básicos (media aritmética y desviación típica). De este modo se ha confeccionado la curva de frecuencias acumuladas relativas para los valores de  $\log(T)$  y  $\log(Q_{\text{esp}})$  (Figura 5.8).

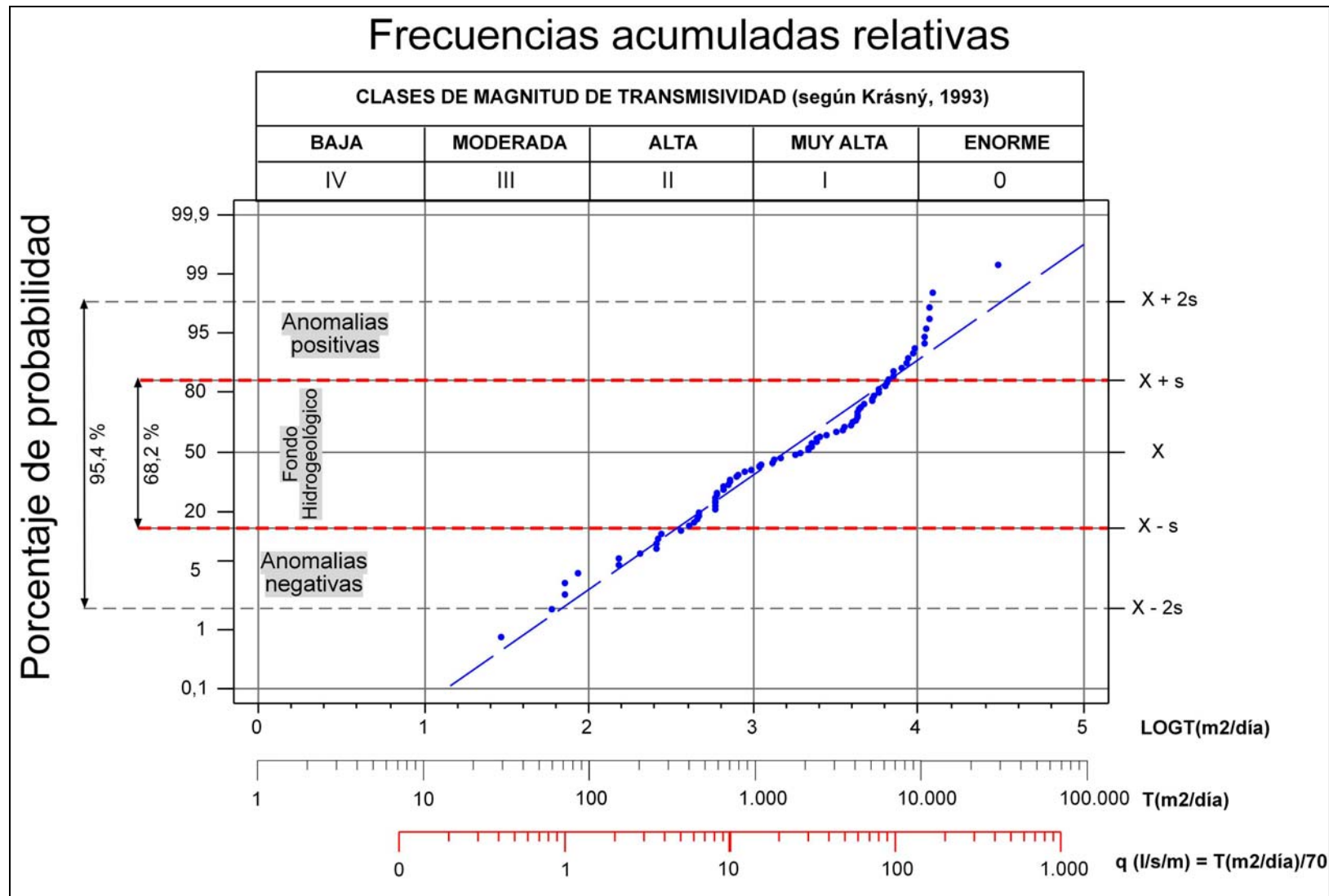


Figura 5.8. Frecuencias acumuladas relativas de los valores de transmisividad de la Unidad Hidrogeológica Acuífera del Mioceno medio (UH2).  
Número de datos = 83.

La Figura 5.8 indica que los datos de T para esta unidad tienen una gran variabilidad. La desviación típica de los logaritmos de (T) es de 0,64 (pendiente de la recta), lo que según Krásný (1993) (véase Tabla 5.3), indica que nos encontramos ante un medio hidrogeológico considerablemente heterogéneo. El intervalo denominado fondo hidrogeológico indica que los valores representativos de T en la UH2 varían en un rango de 500 y 7.000 m<sup>2</sup>/día, siendo el valor medio de unos 2.000 m<sup>2</sup>/día. La transmisividad de esta unidad se puede clasificar en alta a muy alta. Las anomalías positivas varían entre 7.000 y 20.000 m<sup>2</sup>/día y las negativas 500 y 30 m<sup>2</sup>/día.

Por otro lado, a partir de la Figura 5.8 se ha obtenido el rendimiento probable de los pozos situados en la UH2. De esta manera, se puede determinar la probabilidad de que realizando un pozo al azar se obtenga un determinado caudal específico ( $Q_{\text{esp}}$ ).

Por ejemplo:

- La probabilidad de realizar un pozo que bombee  $\leq 10$  l/s y se produzca una depresión teórica de 1 m del nivel del agua es del 50-60%.
- Las probabilidades de obtener un caudal específico ( $Q_{\text{esp}}$ )  $\leq 1$  l/s/m son superiores al 2%.
- La probabilidad de obtener un caudal específico ( $Q_{\text{esp}}$ )  $\leq 100$  l/s/m es superior al 80%, o dicho de otra forma, existe una baja probabilidad (20%) de obtener caudales específicos  $\geq 100$  l/s/m.

Una vez determinada la magnitud y variabilidad de la T y el rendimiento probable de los pozos en la UH2, el siguiente paso es determinar la distribución espacial de la T. Para ello, se han aplicado métodos de interpolación tipo Krigging, utilizando el programa Surfer 8 (Figura 5.9).

La mayoría de los pozos con altas transmisividades se dan en las zonas centrales de la unidad hidrogeológica con valores medios de 5.000 m<sup>2</sup>/día (próximos al río Júcar, en las localidades de Tarazona de la Mancha, Madrigueras, Mahora, etc...) donde el espesor de la UH2 alcanza los 150 m y las variaciones litológicas son escasas. Las



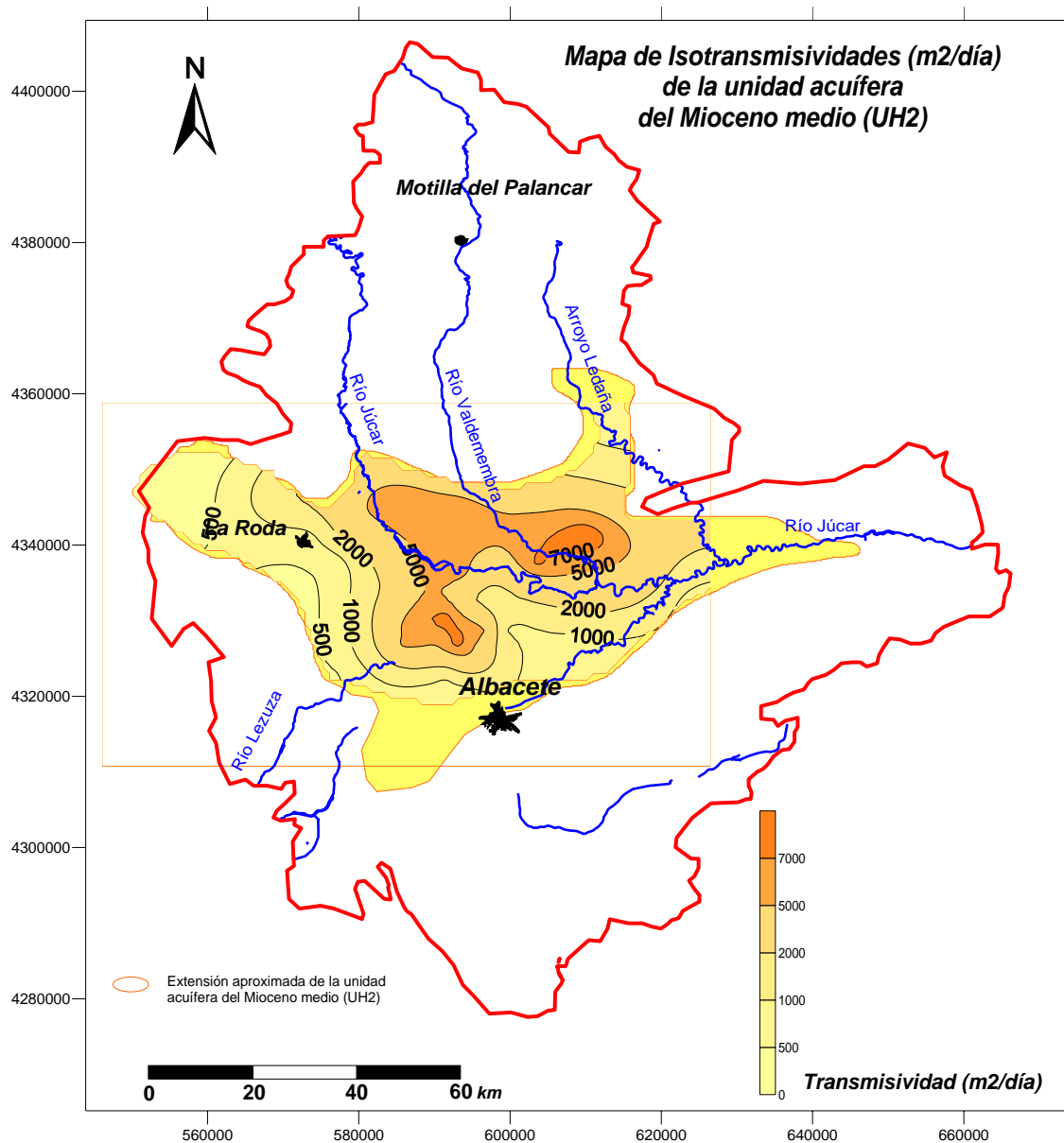
transmisividades van descendiendo hacia los bordes de dicha unidad desde 1.000 a menos de 500 m<sup>2</sup>/día.

Los datos de S de que se disponen son insuficientes. Por ello, se realizaron pruebas de bombeo para obtener un mayor número. Sin embargo, los resultados conseguidos pusieron de manifiesto la escasa representatividad de los valores de S obtenidos. En esta investigación se ha optado por determinar los valores de S para esta unidad hidrogeológica a partir de (I.G.M.E., 1988a 1979a) y de los valores estándar de la bibliografía didáctica. (Villanueva Martínez e Iglesias López, 1984). Los valores de S para la UH2 rondan entre los siguientes valores:

Libre:  $2 \times 10^{-2}$  -  $6 \times 10^{-2}$

Semiconfinado:  $10^{-3}$  -  $5 \times 10^{-4}$

Confinado:  $10^{-4}$  -  $5 \times 10^{-5}$



**Figura 5.9. Distribución espacial de la Transmisividad en la Unidad Hidrogeológica Acuífera del Mioceno medio (UH2).**

□ ***Unidad Hidrogeológica 1 (UH1). Acuitardo (Semipermeable) del Terciario-Cuaternario detrítico***

Esta unidad hidrogeológica presente en la mayoría de la extensión del sistema hidrogeológico adquiere una cierta entidad como acuífero en las proximidades de los cursos de agua importantes (ríos Júcar, Valdemembra, Jardín, Lezuza y Quéjola), y en las inmediaciones de la localidad de Albacete debido a su carácter detrítico grueso. La heterogeneidad de estos materiales a causa de sus importantes cambios laterales de facies hace bastante complicada la asignación de unos valores medios de los parámetros hidráulicos.

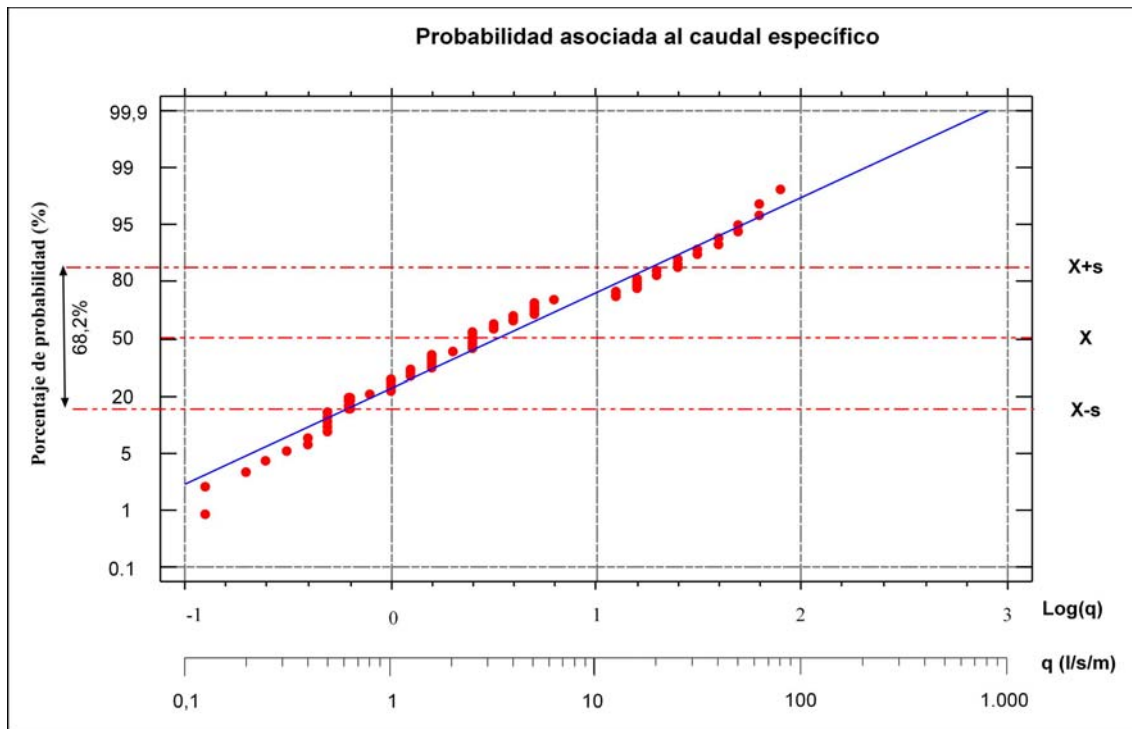
El único informe que asigna unos valores medios de transmisividad a estos materiales es el “Estudio de la explotación de aguas subterráneas en el acuífero de la mancha oriental y su influencia sobre los caudales del río Júcar” (I.G.M.E., 1988a), este trabajo establece unos valores de T para esta unidad acuitarda de unos (10–500 m<sup>2</sup>/día). Respecto a los valores de S, este mismo informe proponen unos valores de entre  $1 \times 10^{-2}$  y  $2 \times 10^{-2}$ .

Durante la elaboración del inventario de puntos de agua no se ha podido obtener dato alguno referente a la T y a la S. Por otro lado, se han recopilado 58 puntos con datos de  $Q_{\text{esp}}$  que oscilan entre 0,1 y 80 l/s/m. Con los datos de  $Q_{\text{esp}}$  se ha realizado un análisis estadístico cuyos resultados se muestran en el gráfico de la Figura 5.10. En este gráfico se observa por un lado, que el 68,2% de los valores se encuentran entre 1 y 10 l/s/m y por otro lado, se determina el posible rendimiento de los pozos realizados en esta unidad, es decir, la probabilidad de que haciendo un pozo al azar se obtenga un determinado caudal específico.

Por ejemplo:

- La probabilidad de realizar un pozo que bombee  $\geq 10$  l/s y se produzca una depresión teórica de 1 m del nivel del agua es inferior al 20-30%, o dicho de otra forma, existe una probabilidad muy alta 70-80% de obtener un pozo con un caudal específico  $< 10$  l/s/m.

- Las probabilidades de obtener un caudal específico ( $Q_{\text{esp}} \leq 1$  l/s/m son superiores al 70%.
- Las probabilidades de obtener un caudal específico ( $Q_{\text{esp}} \leq 0,5$  l/s/m son superiores al 80%.



**Figura 5.10.** Gráfica de las probabilidades asociadas al caudal específico para la Unidad Hidrogeológica de Terciario detrítico (UH1).

En resumen, los valores medios de los parámetros hidráulicos junto con los espesores de las unidades acuíferas obtenidos en este trabajo se muestran en la Tabla 5.4.

UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS	TRANSMISIVIDAD (m <sup>2</sup> /día)	COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO	ESPESOR (m)	PERMEABILIDAD (m/día)
<b>UH2. Acuífero del Mioceno medio:</b> (Calizas lacustres de edad Pontiense).	500 - 7.000	LIBRE (1-6%) CONFINADO ( $10^{-3}$ - $10^{-4}$ )	70-150	4-80
<b>UH3. Acuífero Cretácico superior:</b> (Calizas y dolomías de la Formación Benejama de edad Turonense-Senonsense).	1.000-7.000	( $10^{-1}$ - $10^{-2}$ )	120-200	5-50
<b>UH7. Acuífero del Jurásico medio al NW de la LFM (Dominios hidrogeológicos Central y Septentrional:</b> (Calizas y dolomías de la Formación Chorro–Colleras de edad Lias superior y Dogger).	200 - 6.000	LIBRE (1-6%) CONFINADO ( $10^{-4}$ - $10^{-5}$ )	100-500	5-60
<b>UH7. Acuífero del Jurásico medio al SE de la LFM (Dominio hidrogeológico Meridional:</b> (Calizas y dolomías de la Formación Chorro–Colleras de edad Lias superior y Dogger).	2.000 - 30.000	LIBRE (1-6%) CONFINADO ( $10^{-4}$ - $10^{-5}$ )	100-250	10-300
<b>OTRAS UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS DE LA MANCHA ORIENTAL DE MENOR ENTIDAD</b>				
<b>UH1. Acuífardo del Terciario-Cuaternario de carácter detrítico</b>	10 - 30			
<b>UH4. Semipermeable del Cretácico inferior:</b> Arenas y arcillas y margas del Cretácico inferior. (Weald y Utrillas)	1 - 50	5 - 10 %		
<b>UH5. Acuífero del Jurásico superior:</b> (Calizas de la Formación Gallinera de edad Kimeridgiense)	100 - 500	( $10^{-2}$ )		
Margo calizas del Infralias	25 - 50			
Materiales calcareos del Suprakeuper	30 - 300			

Tabla 5. 4. Valores medios de los parámetros hidráulicos de cada Unidad Acuífera.



## **6. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA HIDROGEOLÓGICO**

---





## 6.1. Introducción

El desarrollo socioeconómico que ha experimentado la Mancha Oriental desde los años 80 se ha debido a la explotación de los recursos hídricos subterráneos. Estos recursos se han destinado al abastecimiento urbano, al uso industrial y a la irrigación de los cultivos de regadío, que en la actualidad superan las 100.000 ha. Los trabajos (I.G.M.E., 1979a, 1980a, 1988a) han estudiado el sistema acuífero de la Mancha Oriental con el fin de llevar a cabo una correcta gestión y planificación de los recursos hídricos de la zona. No obstante, existen todavía lagunas en lo que se refiere a determinados aspectos hidrogeológicos, tal y como se ha expuesto en los Capítulos 3, 4 y 5 de esta Tesis, en parte motivados por la diversidad de condiciones de contorno que presenta cada estudio, la falta de conocimiento, en algunos casos, de la geometría profunda de las unidades acuíferas, las variadas zonificaciones hidrogeológicas, la distribución espacial de las transmisividades y, por último, la necesidad de exponer y comprender los cambios producidos en el sistema de flujo a causa de la intensa explotación de las aguas subterráneas.

Una vez determinada la geometría de las unidades hidrogeológicas, las condiciones de contorno y las relaciones entre los dominios hidrogeológicos (véase Capítulo 4), y conocida la distribución de las características hidrodinámicas de cada UHs (ver Capítulo 5), es preciso investigar acerca del modelo de funcionamiento hidrogeológico y obtener conclusiones sobre la influencia de las extracciones de aguas subterráneas en el sistema hidrogeológico.

Para ello, en primer lugar, se estudia la evolución piezométrica de las diferentes unidades hidrogeológicas en cada dominio hidrogeológico, estableciendo su posible relación con las precipitaciones y el comportamiento hidrogeológico de la red fluvial. De esta manera se pretende corroborar o desmentir, a partir de nuevos datos, algunos de los modelos conceptuales de funcionamiento hidrogeológico propuestos para la Mancha Oriental (I.G.M.E., 1979a, 1980a, 1988a)

En segundo lugar, se estudia el movimiento del agua subterránea en el sistema hidrogeológico, determinando las condiciones de contorno y las direcciones de flujo subterráneo, así como, su evolución en el tiempo. Con esta información se pretende: a) determinar las condiciones de contorno del flujo subterráneo, b) explicar los cambios espacio-temporales de la superficie piezométrica y c) contrastar los gradientes hidráulicos con la distribución de los valores de transmisividad.

## **6.2. Evolución Piezométrica**

En este apartado se estudia la relación entre la evolución piezométrica de los puntos de control situados en las unidades hidrogeológicas acuíferas y los elementos de recarga (precipitación e hidrología superficial) y de descarga del sistema hidrogeológico (extracciones de agua subterránea e hidrología superficial).

La evolución de la piezometría del sistema hidrogeológico de la Mancha Oriental se ha controlado por diversos organismos oficiales desde mediados de los años 70 hasta la actualidad. En este trabajo se han recopilado datos de 162 piezómetros cuya serie histórica supera al menos los 4 años. Señalar que la periodicidad y el número de puntos de muestreo varían con el tiempo y el espacio. Mientras que a mediados de los años 80 se tomaban medidas en más de 90 puntos de control con ausencia de lecturas en algunos meses del año, a comienzos del año 2000 la media de los puntos de control era de unos 30, siendo la frecuencia de muestreo de carácter mensual.

Al igual que se expuso en el Capítulo 2, se han analizado las características constructivas de los piezómetros y se ha comprobado la ubicación de las zonas de admisión en la posición de la columna litológica. De esta forma, se ha llegado a determinar qué unidad acuífera se estaba midiendo. La distribución espacial de los piezómetros analizados se puede observar en la Figura 6.1.

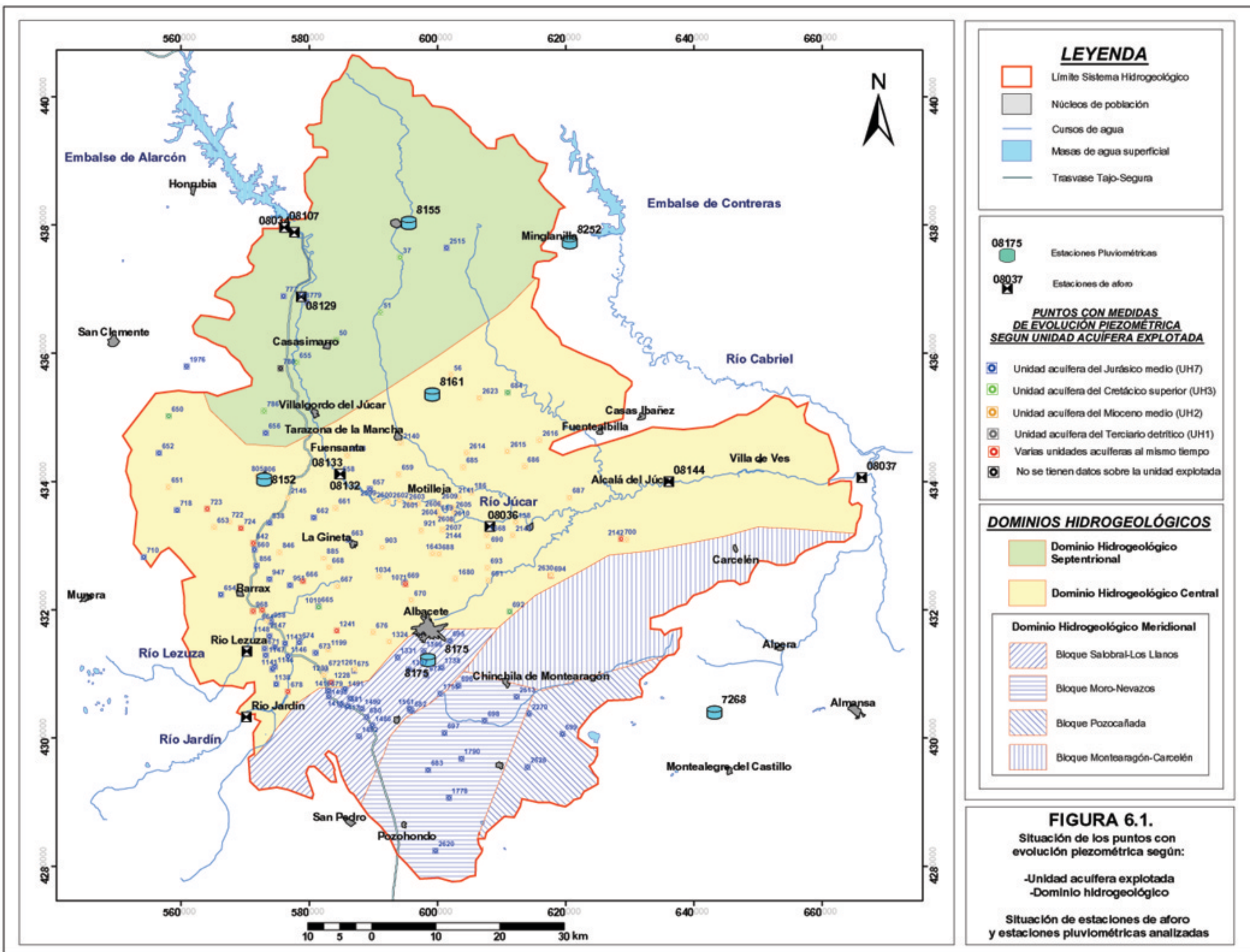
En lo que se refiere a la precipitación, cuya distribución espacial se muestra en la Figura 6.1, se ha realizado un análisis de secuencias de precipitación (véase Capítulo 2). Para ello, se han elaborado gráficos de precipitación-tiempo junto con la curva de

desviaciones acumuladas con datos que van desde 1946 hasta 2002 (Figuras 6.21 a 6.26; Anexo VI). Estos gráficos, a su vez, se han solapado con los de la evolución piezométrica.

Es destacable que, observando los valores de precipitación y las gráficas de desviaciones acumuladas en las estaciones elegidas (véase Figuras 6.21 a 6.26; Anexo VI), se puede apreciar que las importantes pulsaciones meteorológicas afectan por igual a la zona de estudio. Este hecho se justifica si se tiene en cuenta la marcada continentalidad de la región. En general, las pequeñas variaciones están condicionadas por la orografía por lo que la comparación de los datos pluviométricos de una estación respecto a la evolución de los niveles piezométricos de su entorno, en una zona extensa con características fisiográficas semejantes, se admite como válida.

Por último, se presenta un breve ensayo sobre la relación entre la evolución de los cultivos de regadío y los consumos de agua subterránea en la zona de estudio con la evolución piezométrica, poniendo especial atención en la densificación de los cultivos de determinadas zonas.







### **6.2.1. Análisis de la evolución piezométrica en el Dominio Hidrogeológico Septentrional (DHS)**

En este dominio aparecen superpuestas y separadas por unidades hidrogeológicas semi e impermeables, las unidades hidrogeológicas del Jurásico medio (UH7) y del Cretácico superior (UH3) (véase Capítulo 4 y Cortes hidrogeológicos 1, 2 y 3; Anexo IV). El límite meridional de este dominio coincide con el soterramiento de los materiales mesozoicos bajo el relleno terciario de la Llanura manchega.

La evolución piezométrica de los puntos situados en estas dos unidades se ha representado en la Figura 6.2. Se observa como las evoluciones piezométricas de los puntos de control que miden la UH7 y la UH3 presentan una morfología y una tendencia similar. Sin embargo, no se tienen evidencias para determinar que presenten el mismo potencial hidráulico ya que, no se dispone de puntos de control próximos entre sí con rejilla independiente en cada unidad acuífera. Según la información geológica (Cortes hidrogeológicos 1, 2, y 3; Anexo IV), la UH7 se encuentra confinada por los materiales acuífugos de la UH6 y de la UH4 cuya potencia oscila entre los 100 y 300 m. Este hecho sugiere la posibilidad de desconexión hidráulica entre la UH7 y la UH3.

La evolución piezométrica en su conjunto muestra una tendencia descendente desde comienzos de la década de los 80 hasta el año 2002. Esta tendencia, estadísticamente, presenta una pendiente negativa igual a 0,07 para todos los piezómetros.

En el DHS el agua que se extrae de los acuíferos exclusivamente se dedica a abastecimiento urbano de unos 28.000 habitantes y al riego de 3.300 ha (CHJ, 1999). Se observa (véase Figura 6.2), que los niveles piezométricos han descendido entre 20-25 m desde 1980 hasta el año 2002. Este hecho es consecuencia de los importantes descensos producidos en el DHC (Dominio Hidrogeológico Central), lo que indica la conexión hidráulica existente entre las unidades acuíferas presentes en los dominios hidrogeológicos Septentrional y Central (Cortes hidrogeológicos 1, 2 y 3; Anexo IV).

El análisis de los efectos de la recarga por precipitación sobre la evolución piezométrica se ha efectuado a partir de las secuencias de precipitaciones obtenidas de la estación de Motilla del Palancar (Figura 6.1), la cual está situada en el sector central del DHS. En la Figura 6.2 se muestra como la tendencia descendente de los niveles piezométricos es similar a lo que muestra la curva de desviaciones acumuladas. Se puede determinar que los descensos de los niveles han estado influidos por un lado, por la explotación de los recursos hídricos subterráneos del dominio Central y por otro, por la existencia de dos secuencias secas: la primera desde 1980 hasta 1988 y, la segunda desde 1990 hasta 1996 (Figura 6.21; Anexo VI). Tan sólo en los años que la precipitación es superior o igual a la media, los niveles piezométricos se estabilizan o incluso se recuperan.

Por otro lado, en la Figura 6.2 se observa como existe una relación directa entre las secuencias de las precipitaciones y las evoluciones piezométricas con el tiempo. Este hecho se explica por la elevada capacidad de infiltración eficaz que presentan las unidades acuíferas UH3 y UH7 cuando se encuentran aflorando en diversos sectores del dominio.

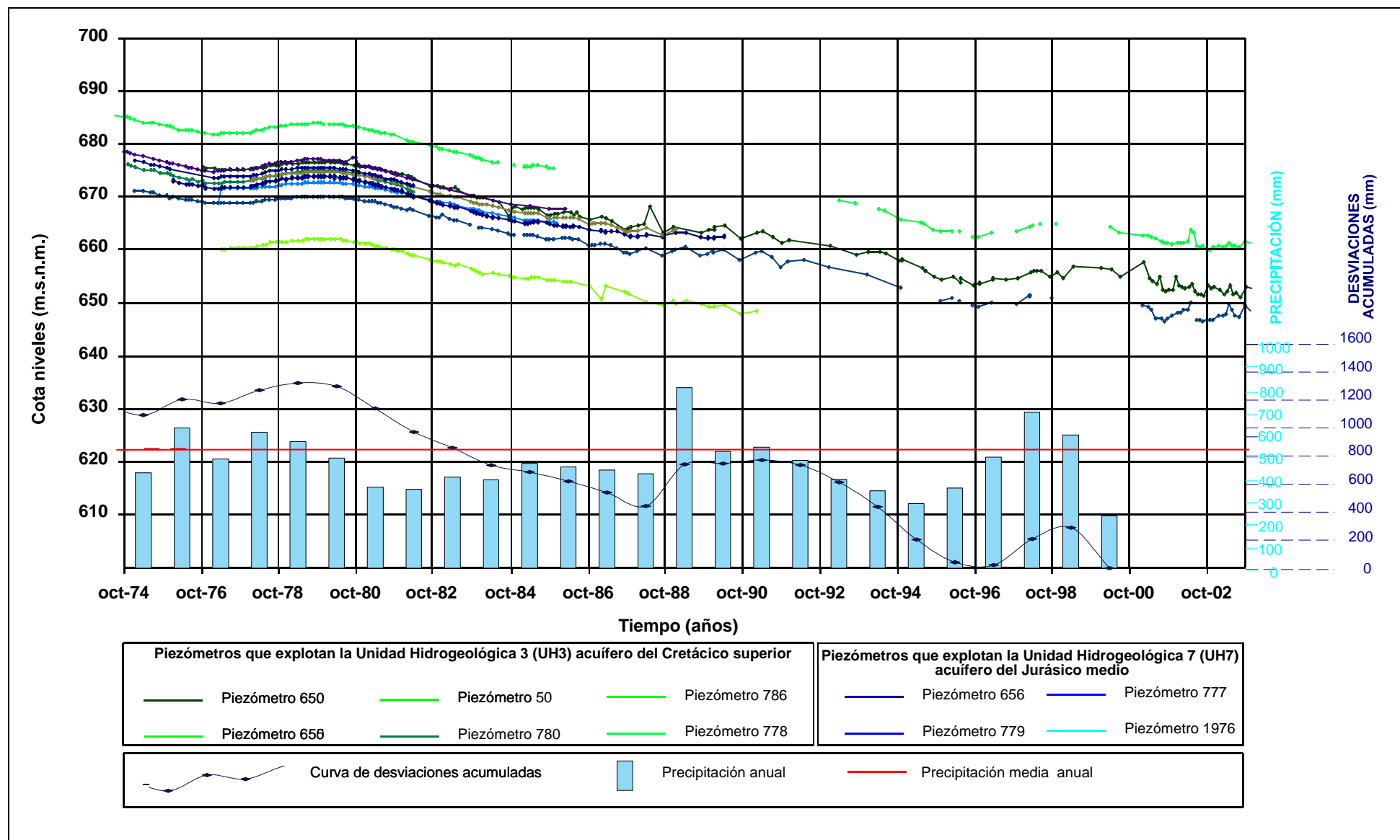


Figura. 6.2. Evolución piezométrica de los piezómetros presentes en el Dominio Hidrogeológico Septentrional (DHS), que explotan las unidades acuíferas del Jurásico medio (UH7) y el Cretácico superior (UH3). Comparación con la secuencia de precipitaciones de la estación de Motilla del Palancar.



### 6.2.2. Análisis de la evolución piezométrica en el Dominio Hidrogeológico Central (DHC)

En este dominio hidrogeológico, según se indicó en el Capítulo 4, aparecen superpuestas y separadas por materiales semipermeables las unidades hidrogeológicas del Jurásico medio (UH7), presente en toda la extensión del dominio, la unidad acuífera de Cretácico superior (UH4), restringida al sector N y E, y la unidad acuífera del Mioceno medio (UH2) (Cortes hidrogeológicos 1-10; Anexo IV), conformando un sistema acuífero multicapa.

Debido al importante volumen de puntos de control existente dentro de este dominio para las tres unidades acuíferas (Figura 6.1), tan sólo se ha tomado una población representativa de estos piezómetros. En esta figura se han clasificado dichos puntos según la unidad acuífera que estuvieran midiendo.

La comparación de las evoluciones piezométricas detectadas en los puntos de control que miden las tres unidades acuíferas presentes en este dominio (UH2, UH3, UH7) muestran una morfología y una tendencia similar (Figura 6.3). Estas unidades acuíferas parecen presentar potenciales hidráulicos semejantes, pudiendo estar conectadas hidráulicamente en determinados sectores a través de los materiales semipermeables de la UH1 (Corte hidrogeológicos 1, 2, 3, 6, 7 y 5; Anexo IV). Sin embargo, la ausencia de piezómetros situados en un mismo entorno y con las rejillas individualizadas en cada unidad acuífera, no permiten confirmar rotundamente que se encuentren comunicadas hidráulicamente.

La mayoría de los piezómetros de esta zona presentan una tendencia descendente desde el año 1980 hasta el año 2002 con una pendiente negativa que oscila entre 0,07 y 0,09. Los descensos varían entre 19,30 y 25,55 m, aunque existen máximos de 30 m y mínimos de 10 m de descenso total. Este periodo de tiempo coincide con la expansión de los regadíos abastecidos por aguas subterráneas en el sistema hidrogeológico y por tanto, con la variación del almacenamiento (Figura 6.3).

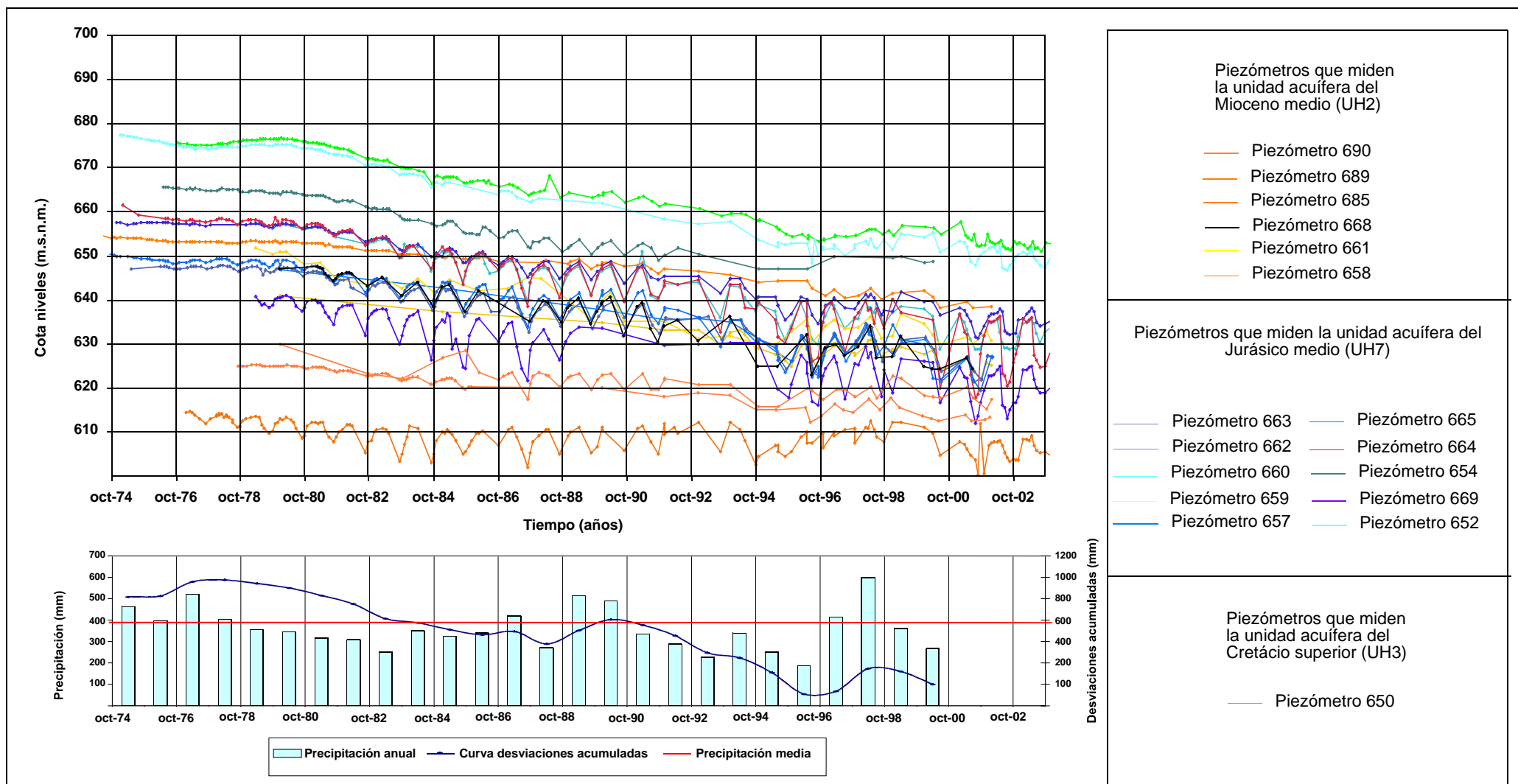


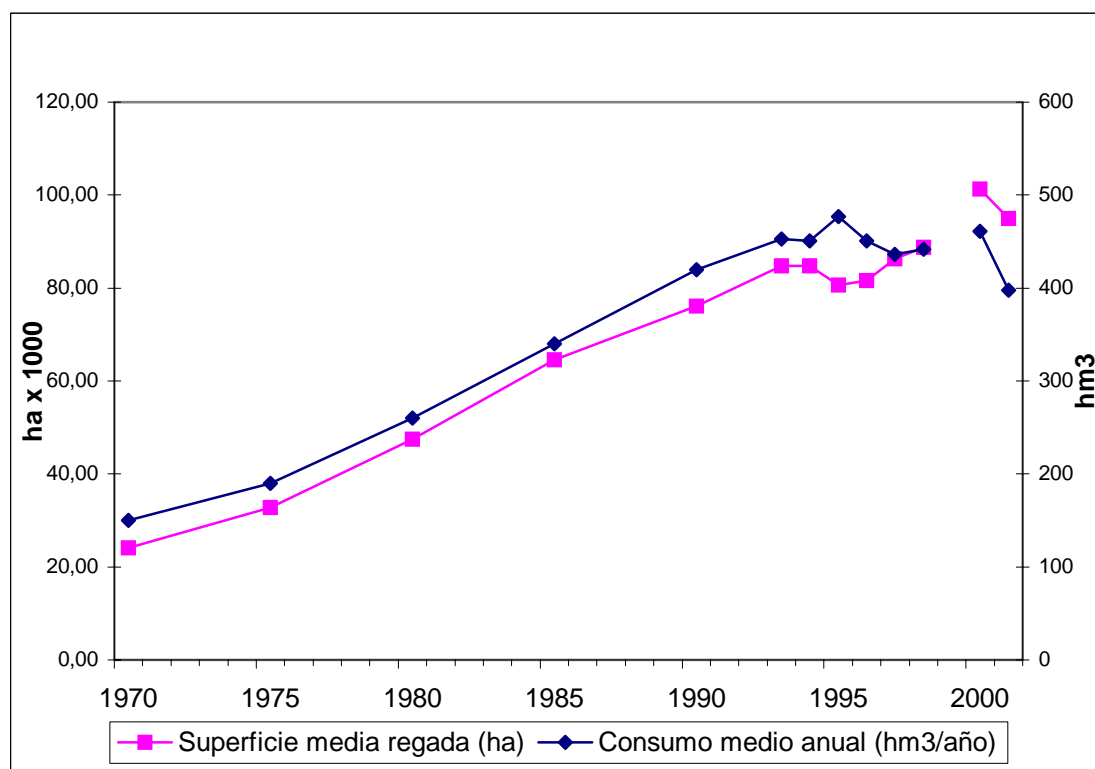
Figura 6.3. Evolución piezométrica de los puntos presentes en el Dominio Hidrogeológico Central (DHC), que explotan las unidades acuíferas del Jurásico medio (UH7), Cretácico superior, (UH3) y Mioceno medio (UH2). Comparación con la secuencia de precipitaciones de la estación de La Roda.

Como se indicó en el Capítulo 1 (págs; 19 a 23), en los estudios (I.G.M.E., 1980a, 1988a; D.G.O.H., 1993; CHJ., 1999) el sistema hidrogeológico se ha dividido en varias zonas a lo largo del tiempo. A cada zona se asigna unas características hidrogeológicas particulares en función de sus evoluciones piezométricas y, sobre todo, con relación a sistemas de explotación y gestión. A su vez, dichos estudios realizan balances hídricos para cada zona manteniendo como fijos en el tiempo los valores de recarga y descarga subterránea entre zonas. Según apunta CHJ (1999), estas zonificaciones con características hidrogeológicas más o menos homogéneas se establecen con el objetivo de que sean elementos básicos de gestión debido a la gran extensión y complejidad del sistema hidrogeológico. Para el dominio hidrogeológico Central (DHC) se han llegado a definir 6 zonas hidrogeológicas en los estudios (I.G.M.E., 1980a, 1988a) y 2 zonas en CHJ (1999), todas ellas con límites diferentes (Figuras 1.3 a 1.5).

Los resultados obtenidos en esta Tesis Doctoral no indican diferencias hidrogeológicas ni accidentes estructurales que permitan definir y caracterizar zonas hidrogeológicas en el DHC similares a las establecidas por (I.G.M.E., 1980a, 1988a) y (CHJ., 1999). En efecto, como se observa en la Figura 6.3 los estudios temporales de los niveles piezométricos no reflejan diferencias sustanciales entre los diferentes puntos. Sólo algunos piezómetros, situados en el entorno de los ríos Jardín y Lezuza por un lado, y en la ribera del Canal de María Cristina por otro, muestran tendencias confusas que se pueden explicar si aludimos a los mecanismos de recarga de los citados cursos de agua.

Es interesante señalar que las afecciones entre pozos de bombeo hacen que en los piezómetros de control se observen conos de bombeo zonales, por lo que las curvas de las evoluciones piezométricas quedan marcadas por los bombeos. En la evolución de los niveles se observa como los mayores descensos se producen en los meses de agosto y septiembre coincidiendo con la temporada de riegos, mientras que, los ascensos se dan en los meses de marzo y abril. Los ascensos estacionales no superan a los descensos (salidas > entradas), por lo que se genera un descenso residual medio anual de 0,95 m/año. (Figura 6.3)

Este descenso residual es creciente en el tiempo y está directamente relacionado con el aumento de la superficie de los cultivos de regadío. Este hecho se observa en la Figura 6.4, donde a partir del año 85 se superan las 50.000 ha de regadío y la barrera de los 300 hm<sup>3</sup>/año en el consumo de aguas subterráneas. En el año 1990 se alcanzan niveles máximos de expansión de regadío, manteniéndose a partir de entonces semiconstantes las extracciones de agua subterránea. La estabilidad de las extracciones es producto probablemente de las mejoras en la eficiencia de los sistemas de riego y en los servicios prestados por el ITAP para asesorar a los agricultores en las dotaciones de agua a los diferentes cultivos.



**Figura 6.4. Evolución de los cultivos de regadío y los consumos de agua subterránea en la Mancha Oriental. Fuente: Junta Central de Regantes Mancha Oriental (López Fuster, 1999 y Boletín informativo JCRMO, 2001).**

Respecto a la recarga por precipitación de agua de lluvia no se observa ningún tipo de relación directa entre los gráficos de precipitaciones y desviaciones acumuladas, (véase Anexo VI) y las evoluciones piezométricas de los puntos de control (Figura 6.3). Las causas pueden ser varias: a) las tendencias de las evoluciones piezométricas de los puntos de control con relación a las precipitaciones se encuentran enmascaradas por la

intensa explotación de las aguas subterráneas (conos zonales que llegan a los piezómetros), b) el importante espesor de la zona no saturada lamina la recarga que llega al acuífero y c) los altos valores de evapotranspiración y medios de precipitación (400 mm de media), junto con la posibilidad, en algunos casos, de que el suelo presente características impermeables, pueden provocar que la recarga por infiltración directa de lluvia en estas zonas sea mínima. Aunque la evaluación de la recarga no es objeto de nuestra Tesis Doctoral, no confirmamos ni desmentimos ninguna de estas hipótesis siendo probablemente la combinación de todas ellas la que arroje luz a esta cuestión.

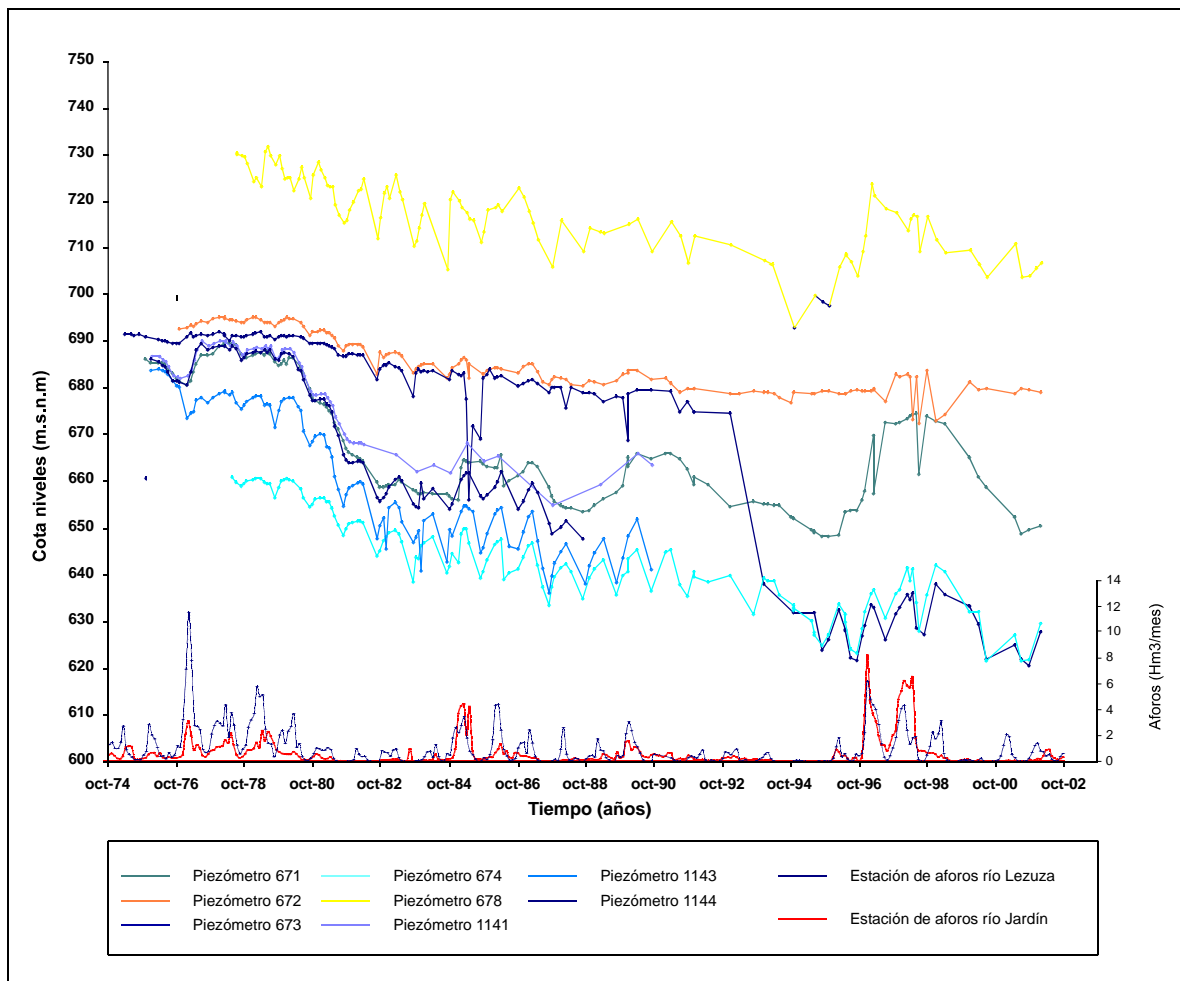
Señalar que en el periodo comprendido entre 1978 y 1988, las gráficas de precipitación-desviaciones acumuladas (Figura 6.3) indican que las precipitaciones en este periodo son inferiores a la media. Este hecho coincide con la expansión de los regadíos de aguas subterráneas en el sistema (Figura 6.4), por lo que existe la posibilidad de que los descensos del nivel piezométrico, además de ser provocados por las extracciones de agua subterránea, se encuentren influenciados por la disminución de los aportes de la recarga por precipitación de agua de lluvia durante el mencionado periodo.

Como ya se señaló en párrafos anteriores, existe una serie de puntos de control situados en este dominio caracterizados por unas evoluciones piezométricas diferentes a las expuestas hasta el momento. Este es el caso de los puntos de control situados en las inmediaciones de los ríos Jardín y Lezuza (Figura 6.1). Según I.G.M.E. (1979a y 1988a), estos ríos son una de las fuentes principales de recarga del sistema acuífero, cediendo sus aportes por infiltración.

En esta zona se encuentran superpuestas las unidades hidrogeológicas acuíferas del Terciario detrítico (UH1) y del Jurásico medio (UH7) (Cortes hidrogeológicos 5 y 9; Anexo IV). En la Figura 6.5 se ha representado gráficamente la evolución piezométrica de estas unidades y los caudales mensuales aforados en los ríos Jardín y Lezuza. Este análisis sugiere una desconexión entre los niveles piezométricos de la UH1 y la UH7 a comienzos de la década de los 80 debido a la intensificación de las explotaciones agrícolas.

En el entorno de los ríos Jardín y Lezuza los puntos de control presentan una evolución piezométrica que no sigue los patrones descritos para este dominio debido a que está condicionada por la recarga procedente de los ríos Jardín y Lezuza. Es decir, en épocas de puntas positivas de caudal de estos ríos, las evoluciones piezométricas se recuperan de los descensos residuales (Figura 6.5). La tendencia general de los piezómetros marca una deriva al descenso continuado a partir de los años 80. Los piezómetros que miden la unidad detrítica del Terciario (UH1) tienen un menor descenso general, entre 15-20 m, debido a la escasa explotación de estos niveles acuíferos. El descenso total de los piezómetros que explotan la UH7 oscila entre 30 y 40 m. Hablar de descenso medio es atrevido, debido a las variaciones de carácter cíclico que en ocasiones tienen pendiente positiva (Figura 6.5).

Las oscilaciones estacionales que muestran las evoluciones piezométricas son producto de la interceptación de los conos de bombeo producidos durante la temporada de regadío (mayo-septiembre) con los puntos de control piezométrico. Estas oscilaciones han aumentado con el tiempo. La amplitud de las variaciones estacionales es de 4 a 5 m (abril-septiembre) en 1976-78 y de 10 a 15 m en 1995-2000. En épocas de estiaje de los ríos Jardín y Lezuza estas variaciones se incrementan produciéndose importantes descensos residuales de hasta 8 m, mientras que en periodos con abundante caudal en estos ríos, los ascensos residuales llegan hasta los 5 m (Figura 6.5).



**Figura 6.5.** Evolución piezométrica de los puntos de control situados en el entorno de los ríos Jardín y Lezuza. En naranja y amarillo los piezómetros que miden la Unidad Hidrogeológica del Terciario detrítico (UH1), en azul la Unidad Hidrogeológica del Jurásico medio (UH7). Comparación con caudales de los ríos Lezuza y Jardín.

### **6.2.3. Análisis de la evolución piezométrica en el Dominio Hidrogeológico**

#### **Meridional. (DHM)**

La unidad acuífera de mayor entidad en este dominio y en la que se encuentran casi la totalidad de las explotaciones y piezómetros es la del Jurásico medio (UH7). Esta unidad se encuentra muy fracturada, y como se vio en Capítulo 4 y en el Corte hidrogeológico nº 12; Anexo IV, está compartimentada en varios bloques.

Se han analizado las evoluciones piezométricas de los puntos de control ubicados en cada uno de los bloques (Figura 6.1), excepto en el bloque Montearagón-Carcelén donde la ausencia de datos impide examinar la evolución piezométrica de este sector. Estas evoluciones se han evaluado sobre la base de los datos pluviométricos, como elemento de recarga, y a las extracciones de agua subterránea, como elemento de descarga del sistema hidrogeológico.

- **Bloque El Salobral-Los Llanos**

Este sector tiene una extensión de 400 km<sup>2</sup> limitada por bordes de permeabilidad reducida (LFM al N, falla Salobral-San Pedro al SE y afloramientos margosos del Jurásico inferior al O), los cuales van a condicionar su evolución hidrogeológica (Cortes hidrogeológicos 9, traza ATS y 12; Anexo IV).

La evolución piezométrica de los puntos situados en el bloque Salobral-Los Llanos se observa en la Figura 6.6. En esta Figura se indica una tendencia descendente desde comienzos de la década de los años 70 hasta el año 2002. El comienzo de los descensos de los niveles piezométricos coincide, como apunta Rodríguez Estrella (2004), con la transformación en regadío de grandes superficies de iniciativa pública (El Salobral, Aguas Nuevas, Santa Ana, y Los Anguijes), mediante la explotación de las aguas subterráneas.



La totalidad de los piezómetros existentes en el bloque Salobral-Los Llanos presenta una tendencia descendente con una pendiente negativa que oscila entre 0.25 y 0.30. Los descensos totales desde 1970 hasta 2002 varían entre 60 y 80 m, siendo el descenso medio por año de 2,5 a 3,0 m/año (Figura 6.6).

Las variaciones estacionales son producto de las interceptaciones de los conos de bombeo de los pozos en explotación con los piezómetros. De esta manera, se observa como los mayores descensos se producen al final de la época de riego (agosto-septiembre) y los mayores ascensos a mediados de primavera (marzo-abril). Las recuperaciones estacionales no superan a las salidas del sistema (salidas > entradas), por lo que se genera un descenso residual medio anual de 2,8 m/año. Estas variaciones estacionales han aumentado su amplitud con el tiempo. Antes de 1980 dicha amplitud no superaba los 2 m. Sin embargo, a partir de los años 1985/1986 las amplitudes presentan máximos superiores a los 15 m. Desde esta fecha, el crecimiento de las variaciones estacionales es heterogéneo, intercalándose descensos estacionales medios de 8 a 10 m en 1998 con descensos de 15 a 20 m para el año 2000.

Los descensos residuales son consecuencia de: a) la extensión limitada de esta unidad acuífera (ver Corte hidrogeológico 12), b) del aumento de la superficie de los cultivos de regadío y por tanto, el consumo de aguas subterráneas y c) un periodo de precipitaciones inferior a la media ocurrido entre 1980 y 1988, como se puede observar en la gráfica de precipitaciones y desviaciones acumuladas de la estación pluviométrica de Los Llanos de Albacete (Figura 6.6 y Anexo VI).

El nulo desarrollo de la red fluvial hace pensar que la recarga en esta zona se debe prácticamente a la producida por la infiltración del agua de lluvia. Sin embargo, no se observa ningún tipo de relación directa entre la evolución piezométrica de los puntos de control situados en esta zona con las gráficas de precipitación y desviaciones acumuladas.

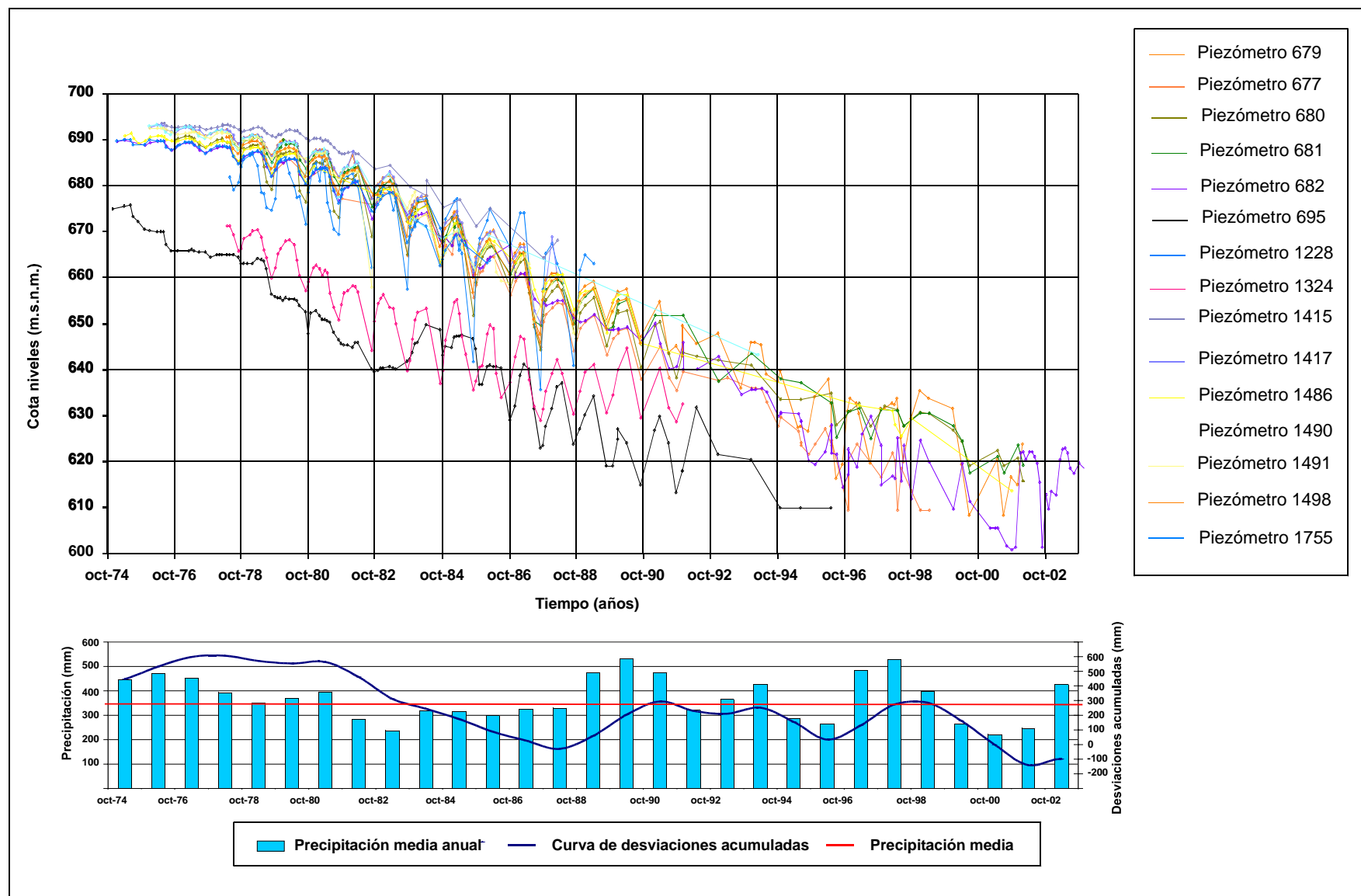


Figura 6.6. Evolución piezométrica de los puntos presentes en el Dominio Hidrogeológico Meridional (DHM) Bloque Salobral-Los Llanos, que explotan la unidad acuífera del Jurásico medio (UH7). Comparación con la secuencia de precipitaciones de la estación de Albacete-Los Llanos.

### ▪ **Bloque Moro-Nevazos y Pozocañada**

Los bloques Moro-Nevazos y Pozocañada, como se puede observar en los Cortes hidrogeológicos 2 y 12; Anexo IV y en el mapa geológico de síntesis (Figura 3.4; pág 59), se encuentran delimitados por bordes de reducida permeabilidad bien sea, por fallas o bien por disminución de potencia de materiales permeables en los pliegues. Esta condición hace que se individualice el comportamiento hidrogeológico de cada uno de ellos, así como, la existencia de diferentes potenciales hidráulicos de las unidades acuíferas.

La evolución piezométrica de la unidad acuífera del Jurásico medio (UH7), presente en este dominio (Figura 6.7), muestra un descenso generalizado de los niveles piezométricos de los dos bloques Moro-Nevazos y Pozocañada producto de las extracciones de aguas subterráneas para regadío. La presión de los regadíos en esta zona es inferior a la de zonas cercanas como la de Salobral-Los Llanos, por lo que los descensos han sido más moderados. La única diferencia entre los puntos situados en uno y otro bloque es aquella que se refiere al potencial hidráulico existente entre ambos (30 m), lo que confirma la hipótesis de desconexión entre ellos (Figura 6.7).

La evolución piezométrica de los puntos de control manifiesta dos tendencias. Por un lado, hasta comienzo de la década de los 80 los niveles se mantienen constantes e incluso con ligera tendencia al ascenso y por otro, a partir de esta fecha comienza un descenso progresivo con una tendencia de pendiente negativa de 0,10-0,14. Los descensos desde 1980 hasta la actualidad son de 35-40 m con un descenso medio anual de 1 m/año (Figura 6.7).

Las variaciones estacionales, producto de los conos zonales de bombeo, aumentan con la instalación de los regadíos, manteniéndose más o menos constantes hasta el año 2002. La amplitud estacional no supera los 5 m, siendo la media de unos 2 m (Figura 6.7). No se observan oscilaciones cíclicas considerables, seguramente encubiertas por las extracciones de aguas subterráneas.

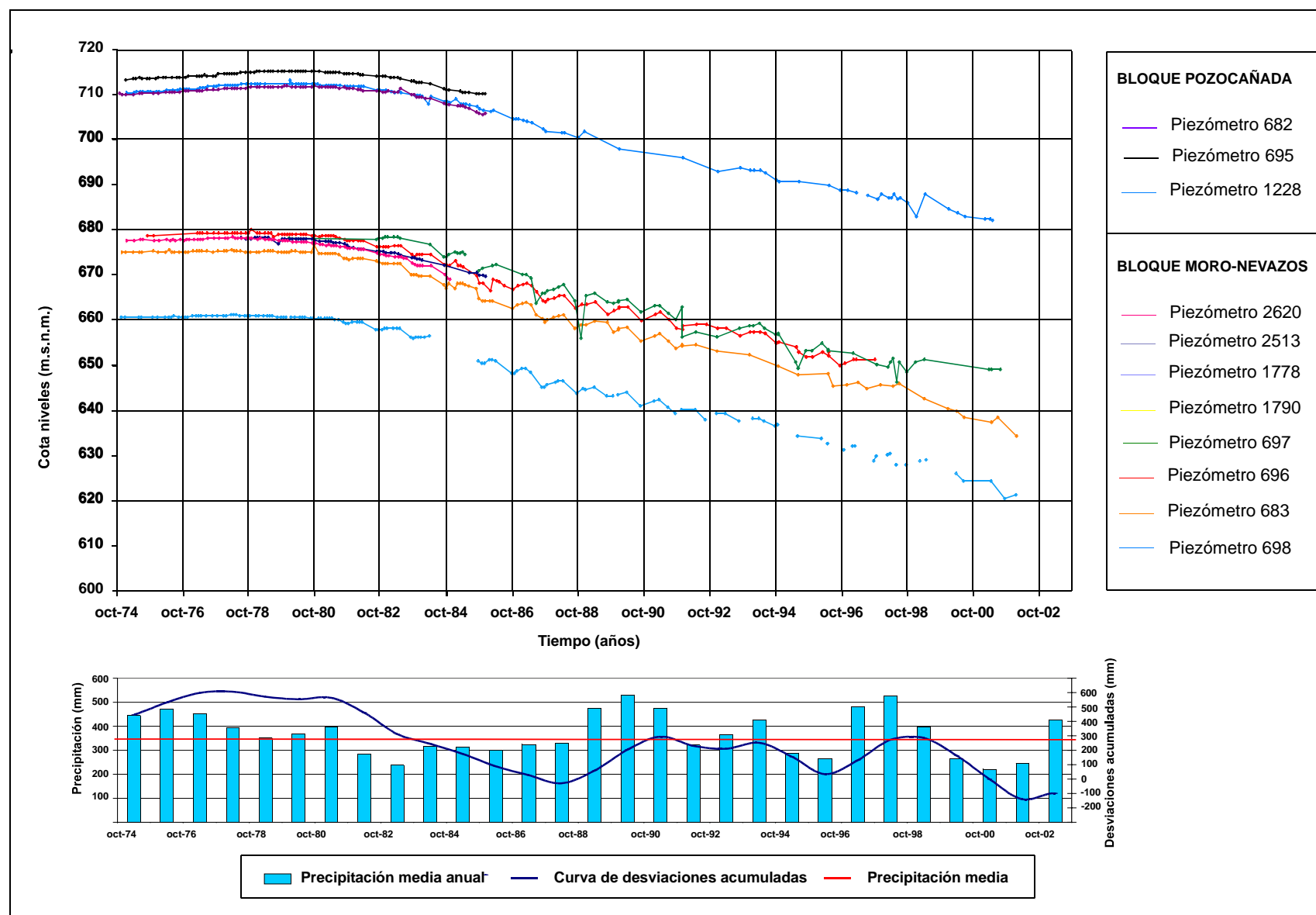


Figura 6.7. Evolución piezométrica de los puntos situados en el Dominio Hidrogeológico Meridional (DHM) Bloque Moro-Nevasos y Bloque Pozocañada, que miden la unidad acuífera del Jurásico medio (UH7). Comparación con la secuencia de precipitaciones de la estación de Albacete-Los Llanos.

### 6.3. Relación río Júcar-sistema acuífero

En este apartado se estudia el comportamiento del río Júcar a su paso por el sistema hidrogeológico como elemento de recarga/descarga de las unidades hidrogeológicas acuíferas. En este sentido se analiza la evolución piezométrica de los puntos de control próximos al cauce del Júcar en relación con la cota del fondo del río. La disposición de estos puntos se puede observar en la Figura 6.1.

El primer grupo de piezómetros evaluados en relación con la cota del fondo del río son los nº 777, 778 y 779 situados a unos 10 km aguas abajo del embalse de Alarcón. Estos puntos de control se localizan dentro del DHS y están explotando la UH3 (Figura 6.1). Como se observa en la Figura 6.8 el río Júcar está desconectado del acuífero a lo largo del tiempo con una variación de cotas que oscila entre 10 m y casi 30 m. Esta desconexión provoca el denominado “efecto ducha” sobre las unidades acuíferas del sistema hidrogeológico.

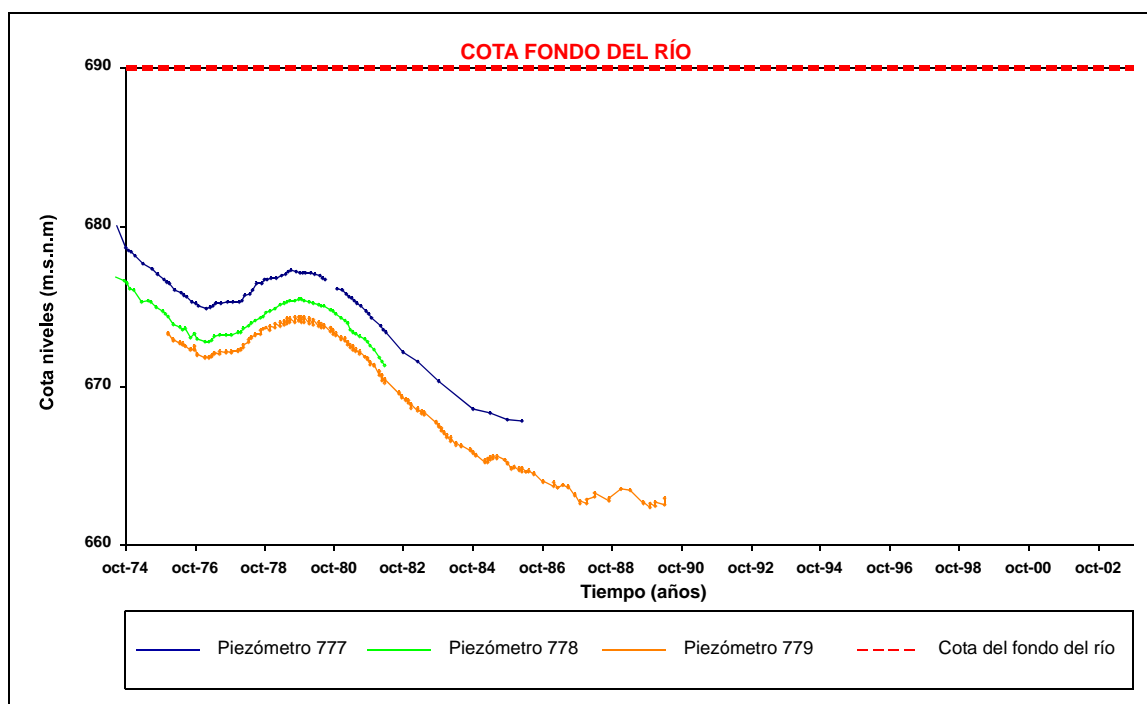
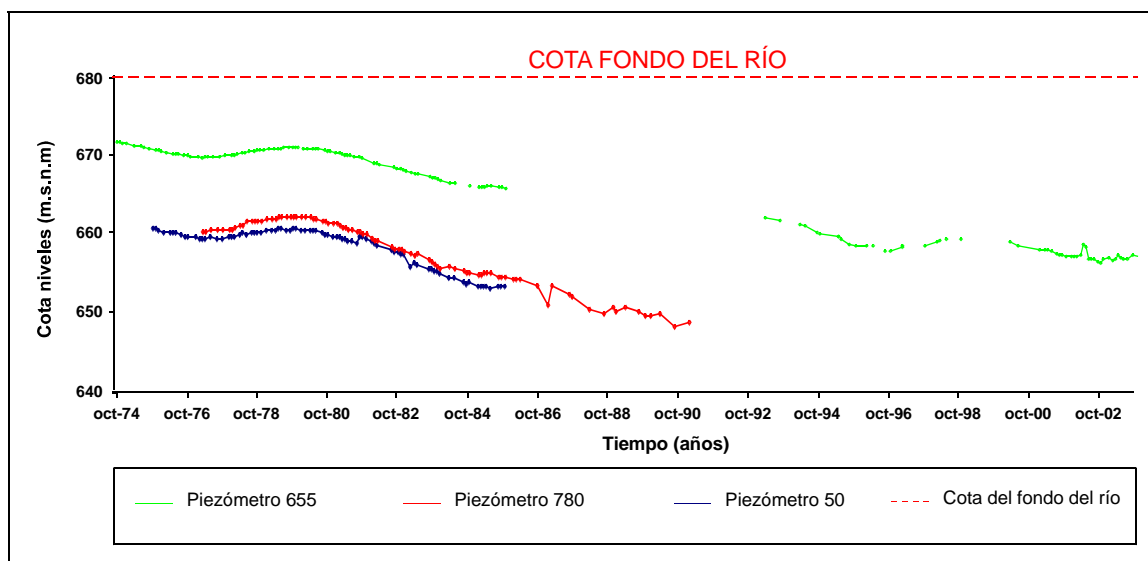


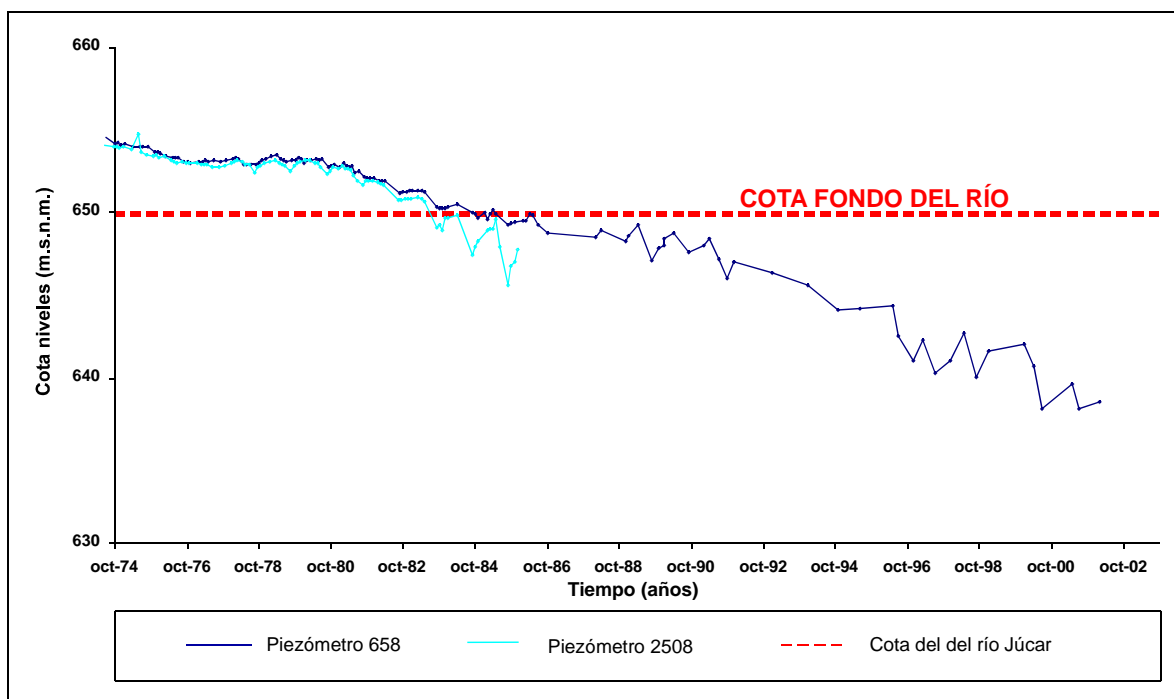
Figura 6.8. Evolución piezométrica de los puntos 777, 778 y 779 junto a la cota del fondo del río.

El siguiente grupo de piezómetros se ubica unos 10 km aguas abajo respecto a los anteriores (nº 780, 50 y 655). Estos piezómetros también se sitúan en el DHS y explotan las unidades acuíferas del Jurásico medio (UH7) y del Cretácico superior (UH3) (Figura 6.1). En la Figura 6.9 se observa que el río Júcar se encuentra desconectado del acuífero durante el periodo comprendido entre 1974 y 2002. En este caso la cota de nivel del agua en los piezómetros está más próxima a la cota del fondo del río (Corte hidrogeológico 6; Anexo IV).



**Figura 6.9. Evolución piezométrica de los puntos 780, 50 y 655 junto a la cota del fondo del río Júcar.**

En las proximidades de la localidad de La Fuensanta, próximo a la estación de aforos codificada según la CHJ como 08132, se encuentran los piezómetros 658 y 2508. Estos piezómetros se localizan dentro del DHM y se encuentran explotando la unidad acuífera del Mioceno medio (UH2) (Figura 6.1). La representación gráfica de las evoluciones del nivel piezométrico y la cota del fondo del río frente al tiempo (Figura 6.10), indican un cambio de comportamiento del sistema río-acuífero a partir de 1982, pasando de ser ganador a perdedor. Este hecho se relaciona con la expansión de regadíos en la zona y la existencia de un periodo de unos 9 años (1979-1989) en los cuales las precipitaciones son sensiblemente inferiores a la media (ver Anexo VI).



**Figura 6.10. Evolución piezométrica de los puntos 658, 2508 junto a la cota del fondo del río.**

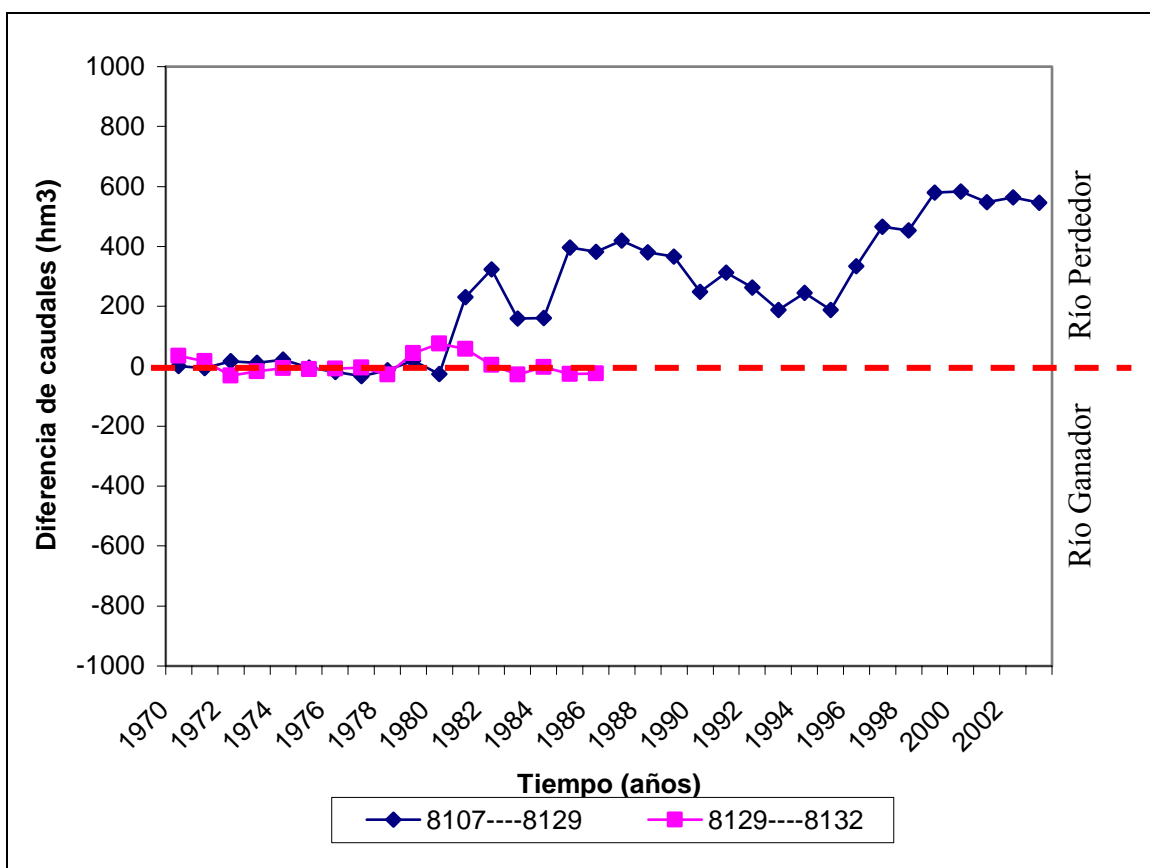
Se ha comparado la información obtenida mediante el estudio de las cotas de fondo del río-piezómetro con la de los caudales acumulados anuales de las estaciones de aforo presentes desde el embalse de Alarcón hasta la estación foronómica codificada según la CHJ como 08132 (ver situación de estaciones de aforo en la Figura 6.1).

Con estos datos se ha realizado una gráfica de los caudales diferenciales entre dos estaciones de aforo consecutivas frente al tiempo. Los valores positivos indican que el río pierde caudal en el trayecto que separa dos estaciones y los valores negativos indican que el caudal aumenta en el río Júcar (Figura 6.11).

Estos resultados representan estimaciones ya que, no son aforos diferenciales en sentido estricto y por tanto, pueden existir extracciones de agua desde el río Júcar e incluso se pueden enmascarar los resultados por los efectos de los embalses-desembalses de las centrales hidroeléctricas.

En líneas generales y con las precauciones oportunas, se observa como el río Júcar ni cede ni recibe aportes de agua entre las estaciones nº 08107 y 08132 entre 1974 y 1980.

A partir de esta fecha el río comienza a perder caudal entre las referidas estaciones y se produce la desconexión entre el río y el acuífero. Este hecho avala la hipótesis de la desconexión entre el río y las unidades acuíferas del sistema hidrogeológico en el tramo comprendido entre las citadas estaciones de aforo.



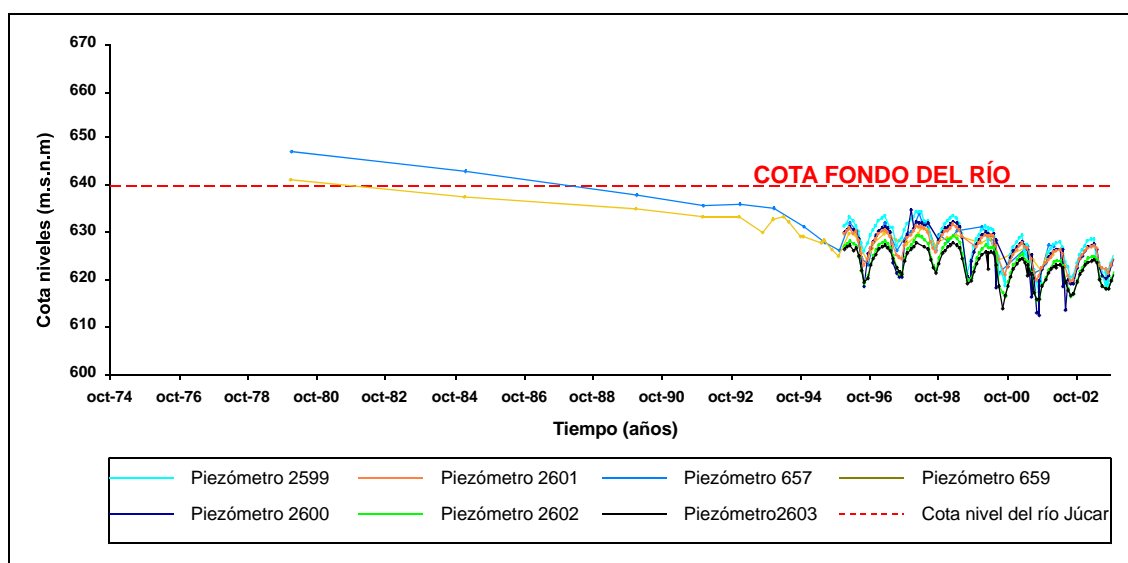
**Figura 6.11. Gráfica de los caudales diferenciales entre las estaciones de aforo consecutivas presentes en el Dominio Hidrogeológico Septentrional (DHS).**

No obstante, estudios previos sugieren que el río Júcar ha tenido diferentes comportamientos. En este sentido, la nota técnica “Reconocimiento Hidrogeológico del río Júcar”(I.G.M.E., 1976b) dentro del estudio del programa PIAS titulado “Estudio hidrogeológico Alto Júcar–Alto Segura” (I.G.M.E., 1979a), concluye afirmando que el río Júcar entre las estaciones de aforo codificadas como 08107 y 08132 era perdedor en el periodo 1971-1972. A su vez, el estudio “Resultados de los aforos realizados en la red hidrométrica del río Júcar en octubre de 1983 y enero de 1984” (I.G.M.E., 1984a) realiza una campaña de aforos diferenciales entre estaciones de aforo a lo largo del río Júcar indicando que, para esta zona en concreto, el río Júcar compensa sus aportes y



cesiones de agua, no pudiendo determinarse su carácter ganador o perdedor. Sin embargo, estudios posteriores (I.G.M.E., 1988a; D.G.O.H., 1993) revelan, mediante aforos diferenciales entre estaciones, la existencia de una recarga desde el río Júcar al acuífero entre el embalse de Alarcón y la localidad de La Gineta.

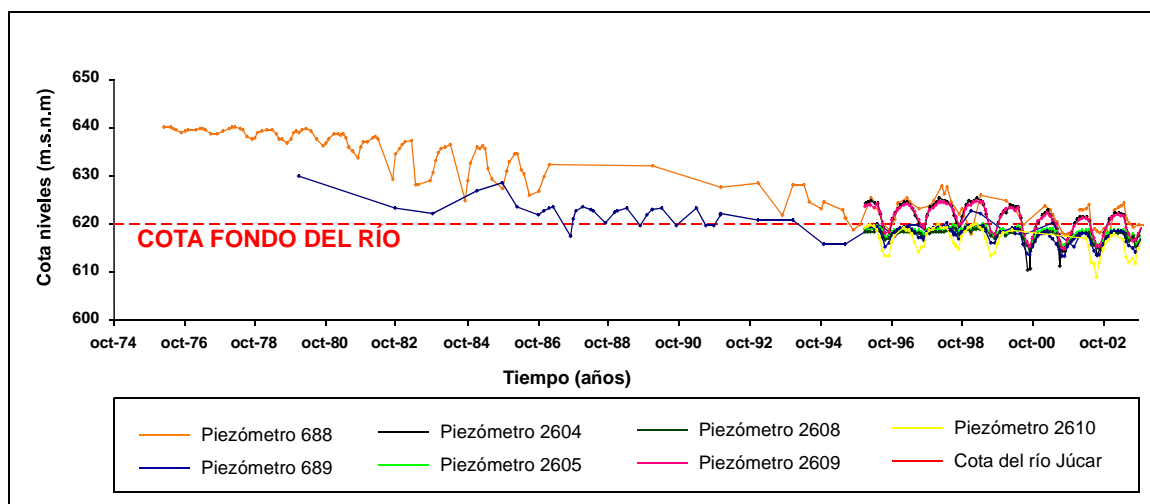
El siguiente grupo de piezómetros (2599, 2600, 2601, 2603, 657 y 659) se sitúa unos 5-10 km aguas abajo de la localidad de la Fuensanta, en el entorno de Motilleja. Estos puntos de control pertenecen al DHM y miden las unidades acuíferas del Jurásico medio (UH7) y del Mioceno medio (UH2) (Figura 6.1). Si se compara la gráfica de evoluciones piezométricas y la cota del fondo del río (Figura 6.12) se puede detectar el cambio de comportamiento del río Júcar respecto al acuífero. El río pasa de ser ganador a perdedor a partir del año 1985-1986. De hecho, en la actualidad se encuentra desconectado del sistema acuífero cediéndole aportes de agua mediante el denominado efecto “ducha”.



**Figura 6.12.** Evolución piezométrica de los puntos 2599, 2600, 2601, 2603, 657 y 659, junto a la cota del fondo del río.

El último grupo de piezómetros de los que se disponen series piezométricas para poder contrastar con la cota del fondo del río, se encuentra en el entorno de la estación de aforos codificada por la CHJ como 08306, próximo a la localidad de Valdeganga. Este grupo de piezómetros mide la UH2 (Figura 6.1). La Figura 6.13 muestra que el río Júcar es ganador hasta principios de los años 90 no pudiéndose determinar a partir de

entonces su carácter ganador o perdedor. Si el continuado descenso de los niveles piezométricos persiste en el acuífero se producirá la desconexión entre el río y el sistema acuífero.



**Figura 6.13. Evolución piezométrica de los puntos 688, 689, 2604, 2605, 2608, 2609 y 2610, junto a la cota del fondo del río.**

A partir de la localidad de Valdeganga no se dispone de más puntos de control con los que poder evaluar el comportamiento río-acuífero. No obstante existen varios motivos que indican que a partir de esta localidad el río es netamente ganador y drena al acuífero.

En efecto, sobre la base de la evolución del comportamiento del río Júcar (Figuras 6.9 a 6.13), se puede afirmar que el río Júcar es ganador desde la localidad de Valdeganga hasta la salida del sistema hidrogeológico. Por otro lado, a partir de la localidad de Alcalá del Júcar, como se pudo comprobar en el apartado de red fluvial del (Capítulo 3), el río se encaja profundamente con una pendiente superior al 4‰. Y por último, se tiene constancia de la escasa presión de los cultivos de regadío aguas abajo lo que supone un menor consumo de las aguas subterráneas que conlleva descensos del nivel freático inapreciables.

No obstante, la falta de datos de los caudales aforados en las estaciones foronómicas del río Júcar a la salida del sistema, impide contrastar la información obtenida mediante el estudio de las cotas del fondo del río con el nivel piezométrico.

En este sentido, los estudios hidrológicos realizados por el I.G.M.E. (1976b, 1984a) para el periodo 1912-1983 indican que el río Júcar desde la estación foronómica nº 08132, en las proximidades de la localidad de La Fuensanta, hasta la salida del río del sistema hidrogeológico (embalse de Cofrentes) es netamente ganador. El informe IGME (1984a), mediante una campaña de aforos diferenciales realizada en octubre de 1983, concreta las pérdidas de caudal del acuífero al río en aproximadamente 220 hm<sup>3</sup>/año. Esta cifra desciende desde los años 90 hasta la actualidad como consecuencia de los descensos de la superficie piezométrica. Este hecho se muestra en la representación de la evolución piezométrica-cota fondo del río.

Señalar la necesidad de realizar estudios específicos sobre el comportamiento río-acuífero en vista de la disparidad de resultados obtenidos en los estudios mencionados a lo largo del tiempo. Estos trabajos de investigación se deberían realizar distribuidos tanto en el espacio como en el tiempo sobre la base de la evolución de los niveles piezométricos y los caudales aforados entre estaciones.

#### 6.4. Superficie piezométrica

La piezometría se ha elaborado a partir de varias fuentes de datos: red de control piezométrico del IGME, red de control piezométrico de la Diputación de Albacete, red de control piezométrico de la CHJ y campaña de campo realizada por el autor en abril del 2002.

Las medidas obtenidas se representaron distinguiéndolas según el tipo de acuífero explotado. No se ha podido demostrar que los potenciales hidráulicos de las diferentes unidades acuíferas superpuestas sean similares debido a la ausencia de piezómetros que, estando situados en un mismo entorno tengan la rejilla colocada en unidades acuíferas independientes. La información geológica (Cortes hidrogeológicos; Anexo IV), indica que las unidades acuíferas del Jurásico medio (UH7) y del Cretácico superior (UH3) se encuentran separadas por los materiales acuífugos en el DHS, por lo que se sugiere la posibilidad de desconexión hidráulica entre la UH7 y la UH3. Por otro lado en el DHC la UH7 y la UH3 se pueden llegar a comunicar hidráulicamente con la unidad acuífera del Mioceno a través de los materiales semipermeables del Terciario (UH1).

Cualitativamente y a gran escala se han modelizado las isopiezas como un conjunto multicapa con objeto de determinar el funcionamiento hidrogeológico general, sin que se pueda determinar el flujo concreto por separado para cada unidad hidrogeológica acuífera.

Señalar que la unidad hidrogeológica del Cretácico superior permanece seca en parte de la mitad meridional del sistema, debido a que los materiales impermeables del Cretácico inferior y medio se sitúan sobre la superficie piezométrica, como se puede observar en los Cortes hidrogeológicos 1, 2; Anexo IV.

Con los valores piezométricos obtenidos en el inventario de puntos de agua se han elaborado 6 mapas de isopiezas para el sistema hidrogeológico de la Mancha Oriental. Se han seleccionado los años 1975, 1982, 1988, 1996, 2000 y 2002 (Figura 6.14 a 6.19; Anexo VI). Los meses elegidos (abril y mayo) coinciden con las “aguas altas” estando

la superficie piezométrica poco influenciada por los conos de bombeo del año elegido, ya que en esta época tan solo se bombean aguas subterráneas para abastecimiento urbano, lo que representa un 6% de la extracción anual. De los años seleccionados, 1975, 1988, 1996 y 2002 son años con precipitaciones superiores a la media, mientras que, 1982 y 2000 son años en los que la precipitación es inferior a la media (ver Figuras 6.21 a 6.26; Anexo VI).

La representación de las isopiezas se ha realizado con una equidistancia de 10 m dada la extensión de la zona, de esta manera las isolíneas muestran correctamente, en líneas generales, la morfología de la superficie piezométrica.

La media de puntos de control utilizados para la elaboración de los planos de isopiezas es de 85, siendo el máximo 135 puntos para abril de 1982 y el mínimo, 60 puntos para abril del 2000. La proporción de puntos que miden una u otra unidad acuífera son: entre el 50-60% miden la unidad acuífera del Jurásico medio (UH7), un 10% miden la unidad acuífera del Cretácico superior (UH3) y la del Terciario detrítico (UH1) mientras que, entre un 30-40% mide la unidad acuífera del Mioceno medio (UH2). La disposición de todos los puntos de control está desigualmente distribuida (Figuras 6.14 a 6.19; Anexo VI). Existe ausencia de datos en el N del sistema y macizo de Montearagón–Carcelén, coincidiendo con la escasez de explotaciones agrícolas.

En primer lugar, se realiza una descripción general del movimiento del agua subterránea: condiciones de contorno, definición de las direcciones principales de flujo, descripción de la variabilidad del gradiente hidráulico en el sistema y, determinación de los umbrales y depresiones de la superficie piezométrica. Para ello, se utilizan los resultados obtenidos de la interpretación del plano de isopiezas de abril de 1975 y los perfiles hidrogeológicos con el nivel piezométrico correspondiente a ese año. Según (I.G.M.E., 1988a), en esta fecha los consumos de agua subterránea para todo el sistema eran: 18 hm<sup>3</sup> para abastecimiento urbano y 72 hm<sup>3</sup> para regadío mientras que, los consumos para el años 2000 según (J.C.R.M.O., 2001) fueron superiores a los 400 hm<sup>3</sup> por lo que, se estima que en 1975 el acuífero no se encontraba excesivamente afectado por los bombeos.

En segundo lugar, se compara la evolución de las direcciones principales de flujo, variabilidad del gradiente hidráulico y posición de los umbrales y valles con los restantes planos de isopiezas (1982, 1988, 1996, 2000 y 2002), los cuales se encuentran afectados por la explotación de las aguas subterráneas.

#### **6.4.1. Condiciones de contorno y flujo subterráneo**

El sistema de flujo subterráneo está condicionado por los accidentes tectónicos y las divisorias de aguas subterráneas con otros sistemas hidrogeológicos (condiciones de contorno). En el primer caso, las isopiezas cortan perpendicularmente a estos accidentes y en el segundo, se produce una inflexión marcada por direcciones de flujo opuestas. Además, las isolíneas se ven afectadas por los elementos de recarga y descarga, así como, por las características hidrodinámicas de las unidades acuíferas.

A partir de la interpretación de las isopiezas de 1975 se delimitan las condiciones de contorno del sistema hidrogeológico, contrastando a su vez esta información con estudios anteriores (I.G.M.E., 1979a, 1988a, entre otros). Del entorno del límite N del sistema no se tienen datos para interpretar las isopiezas y se acepta como válido el definido por la divisoria de aguas superficiales. El límite NE es la divisoria de aguas subterráneas entre los ríos Júcar y Cabriel. En esta zona se observa una curvatura de las isopiezas y por tanto, las direcciones de flujo a uno y otro lado de esta línea son: por un lado, NE-SO las que se dirigen hacia el río Júcar y por otro, NO-SE las que se orientan hacia el río Cabriel (Figura 6.14; Anexo VI). Esta afirmación se corrobora con el informe (I.R.Y.D.A., 1993), el cual basa sus investigaciones únicamente en el denominado sector de la “Manchuela” situado al norte del río Júcar.

En el sector E del sistema, coincidiendo con las alineaciones diapíricas de Casas Ibáñez, las isopiezas finalizan perpendicularmente su recorrido en estos afloramientos como consecuencia de su carácter impermeable (Figura 6.14; Anexo VI y Corte hidrogeológico 10; Anexo IV). Destacar que al S de estos afloramientos el límite del sistema definido por la CHJ (1999) no coincide con el verdadero límite hidrogeológico. La CHJ propone como límite la divisoria de aguas superficiales con el río Cabriel sin tener en cuenta la barrera de afloramientos impermeables del Triásico que actúa como

verdadero límite hidrogeológico. Por ello, hemos modificado el límite propuesto por la (CHJ., 1999), ubicándolo en el contacto de los afloramientos margoyesíferos del Triás en esta zona (Figura 6.14; Anexo VI).

El borde del macizo de Montearagón-Carcelén constituye un límite de permeabilidad reducida que coincide con una fractura que pone en contacto materiales de distinta permeabilidad (Corte hidrogeológico 7; Anexo IV). Esta situación hace que las isopiezas finalicen ortogonales a este borde, no pudiéndose descartar la existencia de una retroalimentación a través de los materiales semipermeables (Figura 6.14; Anexo VI). En los estudios revisados (I.G.M.E., 1979a, 1988a, entre otros), no se determina las direcciones de flujo en esta zona. Este hecho se debe a la ausencia significativa de datos y al desconocimiento de la geometría de las unidades acuíferas. En esta Tesis Doctoral se ha demostrado, a partir del Corte hidrogeológico 7; Anexo IV, la desconexión que existe entre el bloque Montearagón-Carcelén y el DHC.

El límite S del sistema lo establece la divisoria de aguas entre las cuencas del río Júcar y Segura. La ausencia de puntos de control piezométrico en este sector hace prácticamente imposible determinar la verdadera posición de la divisoria de aguas subterráneas y por ello, se ha optado por mantener la divisoria de aguas superficiales entre ambas cuencas como borde del sistema hidrogeológico.

El sector denominado “teclas de piano”, que se sitúa al N de la divisoria Júcar-Segura y al S de la falla Montearagón-Alpera, está compuesto como se describió en el Capítulo 4, por un conjunto de bloques (Pozocañada, Moro-Nevazos y Salobral) que se encuentran separados entre sí, bien por fallas con desplazamiento vertical o bien por pliegues poco apretados que reducen la potencia de los materiales permeables (Corte hidrogeológico 12; Anexo IV). En esta zona se observa una diferencia ostensible en los potenciales hidráulicos que muestran los piezómetros de cada bloque (Figura 6.14; Anexo VI). Este hecho confirma la desconexión hidráulica entre bloques. A su vez, esta situación se recoge en los informes (I.G.M.E., 1980a; D.G.O.H., 1988).

El DHC y el bloque Salobral-Los Llanos se encuentran separados, a efectos hidrogeológicos, por una banda de baja permeabilidad coincidente con la LFM que interrumpe la conexión de materiales de la misma edad aunque no la conexión hidráulica (Cortes hidrogeológicos A.T.S., 5, 4 y 8; Anexo IV). Este hecho se observa en el aumento de gradiente de las isopiezas en las proximidades de la ciudad de Albacete (Figura 6.14; Anexo VI).

El límite O está compuesto por los materiales margosos del Jurásico inferior (Corte hidrogeológico 10; Anexo IV) que actúan a modo de borde impermeable como muestran las isopiezas y confirman los estudios (I.G.M.E., 1979a, 1988a; D.G.O.H., 1993). A partir de la interpretación de fracturas realizada en esta Tesis se ha tomado como límite hidrogeológico S el provocado por la falla de desgarre de Pozohondo, situada entre las localidades de Peñas de San Pedro y la localidad que la da nombre.

El límite NO del sistema hidrogeológico según, el Plan Hidrológico del Júcar (CHJ., 1997), lo representa la divisoria de aguas superficiales de las cuencas de los ríos Júcar y Guadiana y no coincide con la divisoria de aguas subterráneas. Los criterios para determinar la divisoria de aguas superficiales son de carácter topográfico. Según Llamas y García. Rodríguez (1995) estos criterios no son válidos en una zona “arreica” como ésta, donde la precipitación se concentra en pequeñas depresiones (hoyas), en las cuales el agua se evapora o se infiltra produciendo la recarga de los acuíferos. Los planos de isopiezas realizados en esta Tesis sugieren que la divisoria de aguas subterráneas se desplaza entre 8 y 10 km hacia La Mancha Occidental con respecto a la divisoria de aguas superficiales, siendo además un límite que varía espacialmente con el tiempo (Figuras 6.15 a 6.19; Anexo VI). Esta situación es puesta de manifiesto en diversos estudios de carácter hidrogeológico, todos ellos recogidos en el informe titulado “Estudio hidrogeológico para la delimitación oriental del acuífero de la Llanura Manchega”, realizado por (Llamas y García. Rodríguez, 1995).

Una vez delimitadas las condiciones de contorno se analizan las direcciones de flujo subterráneo. En general, las isopiezas coinciden con las realizadas por los estudios (I.G.M.E., 1979a, 1988a). Las principales direcciones de flujo (líneas perpendiculares a



las isopiezas) son prácticamente concéntricas hacia el río Júcar. Por el N y E del sistema coinciden con la dirección de los ríos Júcar y Valdemembra. Estas direcciones pasan de N-S a ONO-ESE para tomar una dirección O-E en el centro del sistema. En la zona SO las direcciones de flujo se ven afectadas por la infiltración producida por los ríos Jardín y Lezuza y tienen una tendencia hacia el río Júcar.

En los bloques Moro-Nevazos y Pozocañada las direcciones de flujo tienden hacia el interior de los bloques. Las aguas subterráneas quedan almacenadas en estos compartimentos o bloques y sólo, a través de saltos de falla donde se ponen en contacto materiales permeables, se produce la conexión hidráulica (véase Cortes hidrogeológicos 2 y 12; anexo IV y Figura 6.14; Anexo VI).

Los gradientes hidráulicos presentan variaciones espaciales de hasta un orden de magnitud, producto de la heterogeneidad de las transmisividades. Estos gradientes varían en el tiempo como consecuencia de la explotación intensiva de las aguas subterráneas.

Los gradientes más pronunciados oscilan entre 0,8% y 1% y se dan en las siguientes zonas (Figura 6.14, Anexo VI):

- Ríos Jardín y Lezuza (Cortes hidrogeológicos 10 y 4; Anexo IV), donde aunque la permeabilidad sea elevada, el espesor saturado es relativamente poco potente.
- Proximidades de la localidad de Albacete (coincidiendo con la Línea de Fracturación Múltiple), las isopiezas se aprietan producto de un descenso brusco de la transmisividad (Cortes hidrogeológicos 2 y 3; Anexo IV).
- Tramo final del río Júcar, el gradiente aumenta consecuencia de la reducción de la sección de paso y no por el descenso de transmisividad o espesor saturado.

Las zonas con gradientes más laxos oscilan entre 0,5‰ y 2‰ (Figura 6.14; Anexo VI) y son:

- Proximidades del río Júcar entre las localidades de La Roda y Tarazona de la Mancha, donde las isopiezas están más espaciadas como consecuencia de la importante interconexión de fracturas coincidiendo con las zonas de descarga de

los acuíferos mesozoicos (UH3 y UH7). Estas descargas se dirigen a través de los materiales semipermeables de la UH1 de forma ascendente hacia la unidad acuífera del Mioceno medio (UH2).

- SO de la ciudad de Albacete (El Salobral). Es la zona con los valores de transmisividad más altos y donde se encuentran los pozos con mayores rendimientos.
- Bloques Moro Nevazos y Pozocañada. Presentan bajos gradientes debido a las altas transmisividades que poseen las calizas y dolomías jurásicas (UH7).

Las zonas de recarga coinciden con los afloramientos mesozoicos (UH7 y UH3) de la zona N y con el río Júcar aguas arriba de la localidad de Villalgordo del Júcar. Estos sectores muestran los potenciales más altos dentro del sistema hidrogeológico. Otra zona de recarga es la que coincide con los cursos de los ríos Jardín y Lezuza que ceden sus aportes por infiltración. En esta zona el informe (I.G.M.E., 1988a) sugiere una acusada convexidad de las isopiezas. Sin embargo, en la Figura 6.14; Anexo VI y en los Cortes hidrogeológicos 4 y 8; Anexo IV, se interpreta esta zona con una morfología de domo.

En el entorno del canal de María Cristina se observa una convexidad de las isopiezas. Como se citó en el Capítulo 3, este canal es utilizado para dar salida a las aguas de saneamiento de la ciudad de Albacete hacia el río Júcar, no encontrándose revestido de materiales impermeables que impidan la infiltración al sistema acuífero.

Las zonas de descarga están en el interior del sistema. En régimen permanente, el río Júcar se caracteriza por ser la principal zona de descarga a partir de la localidad de La Gineta, como describen la totalidad de los estudios (I.G.M.E., 1979a, 1988a, entre otros) y se comprueba en la Figura 6.14; Anexo VI. En régimen transitorio, como se mostrará en el siguiente apartado, el río Júcar ha cambiado su comportamiento respecto al acuífero tanto en el espacio como en el tiempo.

Una vez determinados los elementos básicos del movimiento del agua subterránea en el sistema hidrogeológico para el régimen permanente, se analiza su evolución en el

tiempo a partir de los planos de isopiezas de los años 1982, 1988, 1996, 2000 y 2002 (Figuras 6.15 a 6.19; Anexo VI). A su vez, estos planos se han comparado con los realizados por otros estudios y se observa que, en general, coinciden, como por ejemplo: el plano de 1983 realizado para el N del río Júcar por (I.R.Y.D.A., 1993) coincide con el efectuado en este trabajo para 1982, y el plano de 1986 elaborado por (I.G.M.E., 1988a) lo hace con el de 1988 de esta investigación.

El último plano de isopiezas para el sistema hidrogeológico de la Mancha Oriental que se ha encontrado en la labor de recopilación de información es el obtenido en el estudio (D.G.O.H., 1993) para marzo de 1991-1992. Sin embargo, en esta Tesis Doctoral se han elaborado planos de isopiezas para los años 1996, 2000 y 2002. Durante estos años los descensos en el sistema acuífero son bastante acusados por lo que, la interpretación de las isopiezas muestra, en algunos casos de manera más apreciable, las características geológicas de la zona de estudio que condicionan el comportamiento hidrogeológico del sistema acuífero.

Para comprender mejor la evolución de los planos de isopiezas (Figuras 6.15 a 6.19; Anexo VI) hay que poner de manifiesto en primer lugar, que las direcciones de flujo subterráneo desde la zona N hacia el entorno del río Júcar se mantienen constantes. La única diferencia radica en el aumento de gradiente producido con el tiempo en la zona próxima al río Júcar debido al incremento de las extracciones de aguas subterráneas en este sector.

En segundo lugar, en la zona NO del sistema (triángulo formado por las localidades de La Roda, La Gineta y Barrax) (Figuras de 6.15 a 6.19; Anexo VI), se observa como las direcciones de flujo han cambiado con el tiempo. En el año 1975 las líneas de corriente tenían una dirección NO-SE que se convertía en O-E en las proximidades de la localidad de La Gineta. En el año 2002 las líneas de corriente se dirigen hacia el centro del triángulo antes mencionado.

En tercer lugar, el sector comprendido entre Albacete y el río Júcar ha sufrido notables variaciones en el sentido del flujo subterráneo. En 1975 éste se dirigía hacia el río Júcar,

situación que en 2000 es totalmente opuesta, tal y como indican las líneas de corriente (Figuras de 6.15 a 6.19; Anexo VI).

En cuarto lugar hay que destacar que, a lo largo de la traza del canal de doña M<sup>a</sup> Cristina las isopiezas se han ido curvando más intensamente con el tiempo a causa de la infiltración del agua conducida por este canal. Este hecho se observa en los alrededores de la localidad de Tinajeros (Figuras de 6.15 a 6.19; Anexo VI y Corte hidrogeológico 1; Anexo IV).

Por último, se aprecia que la zona con los cambios más representativos en cuanto a la dirección del flujo subterráneo es la zona situada al SE de Albacete (bloque Salobral-Los Llanos) donde los descensos han sido de unos 40-70 m. En esta área las líneas de corriente tenían en 1975 una dirección SO-NE hacia el río Júcar, presentando gradientes muy laxos, hasta llegar a las proximidades de la localidad de Albacete donde los gradientes aumentaban. Este escenario cambia radicalmente a partir del año 2000. Desde entonces los gradientes pronunciados en el entorno de la localidad de Albacete van desapareciendo según descienden los niveles piezométricos en la zona del Salobral. Por otro lado, el sentido del flujo subterráneo cambia completamente dirigiéndose las aguas subterráneas hacia las proximidades de la localidad del Salobral, como se observa en los planos de isopiezas de los años 2000 y 2002 (Figuras de 6.18-6.19; Anexo VI).

Los cambios producidos a lo largo del tiempo en este bloque son consecuencia de la intensificación de las extracciones de las aguas subterráneas y sus características tectónicas (LFM y falla Salobral- Peñas de San Pedro), que dificultan su conexión hidráulica con las zonas colindantes.

En lo que se refiere a la zona de infiltración de los ríos Lezuza y Jardín, se observa en la laguna del Acequión un domo de aguas subterráneas más pronunciado por el paso del tiempo (Figuras de 6.14-6.19; Anexo VI). Esta laguna desecada es una dolina que configura una zona de recarga preferencial tanto de la infiltración directa del agua de lluvia como de la producida por el río Lezuza.



## **7. RESUMEN Y CONCLUSIONES**

---



El propósito de este trabajo de investigación es determinar geométricamente las unidades hidrogeológicas y establecer el funcionamiento hidrogeológico del sistema de la Mancha Oriental. Para ello, se ha realizado un estudio hidrogeológico con objeto de caracterizar el sistema tomando como punto de partida los objetivos propuestos en el primer capítulo. La metodología seguida básicamente se ha centrado en una recopilación bibliográfica y una recogida de datos, de diferente naturaleza, durante la etapa del inventario de puntos de agua.

Todo este proceso ha permitido:

**1. Redefinir las unidades hidrogeológicas del sistema de la Mancha Oriental caracterizando su geometría y relaciones hidrogeológicas entre ellas.**

A partir del estudio basado en 516 columnas litológicas de los sondeos, recopiladas en el inventario de puntos de agua, así como la bibliografía citada en el texto y las hojas geológicas de la serie MAGNA, se han redefinido 9 unidades hidrogeológicas en función de sus características litoestratigráficas, clasificándolas en acuífero, acuitardo y acuífugo, determinando su geometría y sus condiciones de contorno. La columna sintética general junto con las unidades hidrogeológicas se observa en la Figura 3.3 y la distribución espacial de los materiales aflorantes se muestra en la Figura 3.4.

Estas unidades están condicionadas por la disposición en el sistema de tres dominios hidrogeológicos, los cuales son consecuencia de la evolución tectónica regional y, por este motivo, están en concordancia con el comportamiento respecto al flujo subterráneo del sistema hidrogeológico. En el N, el dominio hidrogeológico Septentrional (DHS), en el interior del sistema, el dominio hidrogeológico Central (DHC) y al S, separado de los anteriores por la llamada Línea de Fracturación Múltiple (LFM), el dominio hidrogeológico Meridional (DHM), compuesto por bloques individualizados que son los siguientes: Bloque Salobral-Los Llanos, Bloque Moro-Nevazos, bloque Pozocañada y bloque macizo de Montearagón-Carcelén (véase Capítulo 4, págs. 114 a 118.).



Seguidamente se describe cada una de las unidades hidrogeológicas sobre la base de su geometría, características hidrodinámicas y comportamiento hidrogeológico, todo ello en consonancia con los dominios hidrogeológicos citados.

▪ ***Unidad Hidrogeológica 9 (UH9). Acuífugo del Keuper***

Esta unidad está compuesta por materiales margoyesíferos del Triásico superior y constituye el límite impermeable en la zona E de dicho sistema cuando aflora a favor de accidentes diapíricos (véase Capítulo 4).

▪ ***Unidad Hidrogeológica 8 (UH8). Acuífugo del Jurásico inferior***

Esta unidad, formada por materiales margosos, constituye el impermeable de base de todo el sistema hidrogeológico además de configurar su límite O. Su muro lo conforma la unidad anterior, mientras que el techo lo constituye la unidad acuífera del Jurásico medio (UH7).

El techo de esta unidad se introduce desde el borde occidental del sistema hidrogeológico, bajo la Llanura de Albacete-Cuenca con gran buzamiento hacia el NE (Figura 4.2) y acompañado de fracturas de dirección NO-SE como sugiere el Corte hidrogeológico 10; Anexo IV. Esta superficie se ve afectada por un lineamiento de dirección NE-SO entre las localidades de Albacete y San Pedro. La potencia de esta unidad es variable pasando de 200 m en el borde occidental a unos 800 m en el interior del sistema (véase Capítulo 4).

▪ ***Unidad Hidrogeológica 7 (UH7). Acuífero del Jurásico medio***

La UH7 está compuesta por calizas y dolomías fracturadas y karstificadas. Como consecuencia de ello se comporta como acuífero. La base de esta unidad hidrogeológica concuerda con el muro de la anterior en todo el sistema. Su techo lo constituyen materiales semipermeables e impermeables del Jurásico superior, Cretácico inferior y Terciario. La UH7 se encuentra en todo el sistema y está confinada y semiconfinada en su mayor parte, siendo libre en las zonas S y O (véase Capítulo 4).

Desde los bordes NO y S, la unidad se introduce bajo la Llanura de Albacete-Cuenca con gran buzamiento (Figura 4.3) y acompañada de accidentes tectónicos con direcciones típicamente Ibéricas en el N y Béticas en el S (ver Cortes hidrogeológicos 1 a 12; Anexo IV). Esta unidad se encuentra a más de 400 m de profundidad en la zona centro del sistema. Está afectada por una serie de bloques levantados y hundidos de dirección predominante NE-SO, que condicionan la variabilidad del espesor del conjunto, el cual oscila entre los 150 m de los bordes y más de 500 m en el interior del sistema. Destacar que todo el conjunto se ve afectado por dos grandes lineamientos, uno de dirección NE-SO en la parte meridional, denominado Línea de Fracturación Múltiple Alcaraz-Albacete y otro, de dirección NO-SE en la zona septentrional. Ambas direcciones de fracturación se interceptan en las proximidades de los afloramientos diapíricos de la UH9, de orientación E-O, presentes en el sector central del sistema (véase Figura 4.3). En este sector es probable que tenga lugar la confluencia de las direcciones de deformación Bética e Ibérica.

En lo referente a los parámetros hidráulicos relativos a esta unidad (véase Capítulo 5) se ha demostrado que el rendimiento de los pozos es diferente al NE y al SO de la Línea de Fracturación Múltiple (LFM) (límite entre DHC y DHM), siendo más productivos (mayor transmisividad) los pozos presentes en el dominio Meridional. Esta línea constituye un límite de reducida permeabilidad debido a la desconexión de materiales de igual litología (Capítulo 5).

Los valores de transmisividad (T) representativos de la unidad hidrogeológica en el dominio Meridional (SE de la LFM) se pueden clasificar de muy altos a extremadamente altos y, varían entre 2.000 y 30.000 m<sup>2</sup>/día, siendo el valor medio de unos 10.000 m<sup>2</sup>/día. La heterogeneidad de estos valores depende de las barreras de permeabilidad provocadas por pliegues y fallas que diferencian los bloques del Salobral-Los Llanos, Moro-Nevazos y Pozocañada.

Existe un 80 % de posibilidades de que, realizando un pozo al azar que explote la UH7 en el dominio Meridional, se obtengan caudales específicos ( $Q_{esp}$ ) mayores o iguales a unos 20 l/s con 1 m de depresión teórica del nivel del agua en el pozo.

Los valores de transmisividad (T) representativos de la unidad hidrogeológica en los dominios Septentrional y Central (al NO de la LFM), oscilan entre 200 y 6.000 m<sup>2</sup>/día, siendo el valor medio de 1.000 m<sup>2</sup>/día.

Existe un 80 % de posibilidades de que, realizando un pozo al azar que explote la UH7 en los dominios hidrogeológicos Septentrional y Central, se obtengan caudales específicos ( $Q_{\text{esp}}$ ) mayores o iguales a unos 5 l/s con 1 m de depresión teórica del nivel del agua en el pozo.

Respecto al coeficiente de almacenamiento (S), el conjunto de los valores para esta unidad depende de si ésta se encuentra en estado libre (0,02-0,06) o en estado confinado ( $5 \times 10^{-4}$  -  $5 \times 10^{-5}$ ), (véase Cortes hidrogeológicos 1 a 12; Anexo IV).

Con relación a la evolución piezométrica, esta unidad acuífera presenta comportamientos diferentes según se encuentre en uno u otro dominio. En general, existe una tendencia descendente de los niveles piezométricos de esta unidad en todo el sistema, producto de las extracciones de aguas subterráneas.

En el dominio Septentrional, según la información geológica (Cortes hidrogeológicos 1, 2 y 3; Anexo IV), la UH7 se encuentra confinada por los materiales acuífugos de la UH6 y de la UH4, cuya potencia oscila entre los 100 y 300 m. Este hecho sugiere la posibilidad de desconexión hidráulica entre la UH7 y la unidad acuífera suprayacente (UH3). Sin embargo, debido a la ausencia de puntos de control piezométrico próximos entre sí y con rejilla independiente en cada unidad acuífera, con los que evaluar el potencial hidráulico de la UH7 y la UH3, no se puede determinar el grado de conexión entre dichas unidades.

Por otro lado, en el DHS los descensos piezométricos observados en la UH7 están provocados por los existentes en el dominio Central, indicando el grado de conexión de la UH7 entre estos dominios. Su evolución está condicionada por la infiltración del agua de lluvia, mostrando una relación directa espacio-temporal entre la evolución de los niveles piezométricos y las secuencias de precipitación (Figura 6.2).

En el dominio Central, la UH7 parece presentar potenciales hidráulicos semejantes a los de las unidades acuíferas suprayacentes (UH3 y UH2), pudiendo estar conectadas hidráulicamente en determinados sectores a través de los materiales semipermeables de la UH1 (Corte hidrogeológicos 1, 2, 3, 6, 7 y 5; Anexo IV). Sin embargo, la ausencia de piezómetros situados en un mismo entorno y con las rejillas individualizadas en cada unidad acuífera, no permiten confirmar con rotundidad que se encuentren comunicadas hidráulicamente.

La variación de almacenamiento de la UH7 en el DHC está directamente relacionada con las extracciones de agua subterránea. La recarga en esta unidad se produce por la infiltración del agua de lluvia en los bordes del sistema. La descarga se produce hacia la unidad acuífera del Mioceno medio (UH2), a través de los materiales semipermeables del Terciario (Figura 6.3).

Señalar, a su vez, la necesidad de la ejecución de puntos de control piezométrico en un mismo entorno que controlen los niveles piezométricos de cada unidad acuífera de manera independiente, con objeto de determinar el grado de interconexión entre unidades acuíferas superpuestas y separadas por materiales semi e impermeables.

En el DHM, los descensos de los niveles piezométricos de la UH7 son más acusados que en los demás dominios. Esto hecho se debe, además de a las extracciones de aguas subterráneas, a la compartimentación de esta unidad como consecuencia de los accidentes tectónicos. (Figuras 6.6 a 6.8)

□ ***Unidad Hidrogeológica 6 (UH6). Acuífugo del Jurásico superior***

Esta unidad está compuesta por un conjunto de materiales margo-arcillosos y, por este motivo, se la considera impermeable a efectos prácticos. Su extensión está limitada a la zona oriental del sistema en forma de cuerpos que se acuñan hacia la parte occidental. Esta unidad se deposita sobre un “Hardground” existente en la parte superior de la UH7, mientras que el techo lo constituyen los materiales del Jurásico superior. En las zonas de máxima potencia (200 m) interrumpe la conexión hidráulica con los materiales acuíferos del Jurásico medio (UH7) y el superior (UH5) (ver Capítulo 4).

□ ***Unidad Hidrogeológica 5 (UH5). Acuífero del Jurásico superior***

Está constituida por materiales carbonatados (calizas y dolomías) bastante fracturados, que le permiten almacenar y transmitir agua en cantidades apreciables. Como consecuencia de su reducida extensión, similar a la que presenta la UH6, y de su potencia variable, no superior a 100 m, únicamente se la considera un acuífero de interés local en el borde E (ver Capítulo 4).

□ ***Unidad Hidrogeológica 4 (UH4). Acuífugo del Cretácico Inferior y medio***

La UH4 está formada por un conjunto heterogéneo de arenas, arcillas y margas con una potencia que supera los 200 m en algunos sectores. La naturaleza de estos materiales sugiere un carácter impermeable o semipermeable, en contraste con los importantes acuíferos kársticos de la región. En el sector oriental del sistema hidrogeológico la “Facies Weald” forma el sustrato de esta unidad mientras que, en el sector occidental dicho sustrato lo constituye la “Facies Utrillas” que se deposita discordante en las fosas tectónicas desarrolladas en la UH7. (Capítulo 4).

□ ***Unidad Hidrogeológica 3 (UH3). Acuífero del Cretácico superior***

La UH3 está compuesta por un conjunto carbonatado (calizas y dolomías) fracturado y karstificado que permite considerarla como acuífero a efectos hidrogeológicos. Estos materiales afloran en el sector N del sistema y en el macizo Montearagón-Carcelén, desapareciendo bajo la Llanura de Albacete-Cuenca con gran buzamiento y gracias a la existencia de importantes accidentes tectónicos. Su extensión queda limitada al sector septentrional y a la mitad oriental del sistema hidrogeológico, existiendo un límite E-O, entre ambas zonas, provocado por los afloramientos diapíricos del Triásico en las proximidades de las localidades de Casas Ibáñez. La morfología de esta unidad acuífera queda representada como cuñas de potencia máxima 200 m que pierden su espesor hacia la mitad suroccidental (véase Figuras 4.4 y 4.5, y Cortes hidrogeológicos 1 a 3; Anexo IV).

Los datos de transmisividad de esta unidad varían entre 1.000 y 28.000 m<sup>2</sup>/día. Los valores medios se encuentran entre unos 7.000m<sup>2</sup>/día en el límite N del sistema hidrogeológico, y entre 500 y 1.000 m<sup>2</sup>/día en el entorno del río Júcar, siendo gradual la

transición entre ambos valores. Los valores de coeficiente de almacenamiento varían entre  $2 \times 10^{-2}$  y  $6 \times 10^{-2}$ , cuando se encuentra en estado libre y, entre  $10^{-4}$  y  $5 \times 10^{-5}$  cuando aparece confinada.

Esta unidad acuífera sólo se encuentra saturada en el dominio hidrogeológico meridional y en la zona septentrional del dominio Central. Como se refirió en la UH7, no se ha podido determinar la conexión hidráulica entre ambas unidades acuíferas. La recarga se produce principalmente por la infiltración del agua de lluvia en la zona N (donde se encuentra aflorando), mostrando la evolución de los niveles y las secuencias de precipitación, una relación directa en espacio y tiempo. Los potenciales hidráulicos de esta unidad se encuentran entre 15-30 metros por debajo de la cota del fondo del río Júcar, por lo que recibe aportes de dicho río mediante el denominado “efecto ducha”. La descarga de esta unidad se realiza hacia la unidad acuífera del Mioceno medio (UH2), a través de los materiales acuitardos del Terciario (UH1).

□ ***Unidad Hidrogeológica 2 (UH2). Acuífero del Mioceno medio***

La UH2, conocida comúnmente como acuífero Ponticense, está formada por calizas con intercalaciones esporádicas de materiales arcillosos que sugieren, que a efectos hidrogeológicos, se la considere acuífero. Presenta tanto a techo como a muro depósitos detríticos del terciario. En ocasiones, esta unidad se pone en contacto con las unidades acuíferas del Jurásico medio (UH7) y del Cretácico superior (UH3).

Se caracteriza por tener una extensión limitada con morfología lenticular, presente únicamente en el dominio hidrogeológico Central y se sitúa en las proximidades del río Júcar. Los mayores espesores de estos materiales se observan en las inmediaciones de la localidad de Alcalá del Júcar, con potencias de más de 150 m que disminuyen hacia los bordes de forma cuasiconcéntrica (Figuras 4.6 y 4.7). En los límites laterales de esta unidad existen lentejones de estos materiales como se puede observar en los Cortes hidrogeológicos 4, 5, 8 y 9; Anexo IV.

Respecto a los parámetros hidráulicos, los valores representativos de la transmisividad (T) en esta unidad acuífera varían en un rango de 500 y 7.000 m<sup>2</sup>/día, siendo el valor

medio de unos 2.000 m<sup>2</sup>/día. Los valores más altos se encuentran en una banda paralela al N del río Júcar y en el entorno de la localidad de La Gineta (> 5.000 m<sup>2</sup>/día). Dichos valores van descendiendo hacia los bordes de la unidad desde 1.000 m<sup>2</sup>/día a menos de 500 m<sup>2</sup>/día.

Existe un 90 % de posibilidades de que, realizando un pozo al azar en esta unidad acuífera, se obtengan caudales específicos ( $Q_{\text{esp}}$ ) mayores o iguales a unos 10 l/s con 1 m de depresión teórica del nivel del agua en el pozo.

Las pruebas de bombeo realizadas mediante los métodos usuales para obtener valores de coeficiente de almacenamiento (S), han puesto de manifiesto la escasa fiabilidad de los valores de S obtenidos (ver Anexo V). Con este tipo de pruebas es difícil conseguir valores representativos de S en acuíferos tan heterogéneos como éste. Los resultados obtenidos únicamente indican el grado de conexión hidráulica entre los pozos ensayados. Por tanto, se han tomado como valores representativos de S para la UH2 los estimados por Villanueva Martínez e Iglesias López (1984) para calizas lacustres de edad Miocena, que se encuentran entre  $2 \times 10^{-2}$  y  $1 \times 10^{-3}$  (Véase Capítulo 5).

Respecto a la piezometría se observa como los potenciales hidráulicos de la UH2 son similares a los de las unidades acuíferas infrayacentes (UH7 y UH3), presentando además una morfología y tendencia parecida (Figura 6.3). La UH2, como se observa en los Cortes hidrogeológicos 1, 2, 3, 6, 7 y 5; Anexo IV, se encuentra separada de la UH7 y la UH3 por materiales semipermeables de la UH1, pudiendo existir comunicación hidráulica entre unidades a través de estos materiales. Esta afirmación no se ha podido confirmar debido a la ausencia de puntos de control piezométrico que, en un mismo entorno midan independientemente cada una de las unidades acuíferas (UH2, UH3, UH7).

Las variaciones de almacenamiento son consecuencia, en mayor medida, de las extracciones de aguas subterráneas. La recarga de esta unidad se realiza a partir de los aportes procedentes de las unidades UH7 y UH3, por la infiltración del agua de lluvia y

por el drenaje del río Júcar. La zona de descarga de esta unidad en régimen permanente es el río Júcar (Figura 6.3).

□ ***Unidad Hidrogeológica 1 (UH1). Acuitardo del Terciario-Cuaternario detrítico***

En esta unidad se han unificado todos los materiales de carácter detrítico-margoso de edad Terciaria-Cuaternaria, por lo cual, a efectos hidrogeológicos, se la puede considerar como semipermeable.

Esta unidad se encuentra presente en la mayoría de sistema actuando como acuitardo. El techo será la superficie del terreno donde no afloren los materiales del mesozoico y el muro vendrá definido por el techo, ya sea de los materiales cretácicos o jurásicos. Las mayores potencias de estos materiales (+200 m) se dan en la parte central del sistema (ver Cortes hidrogeológicos; Capítulo 4).

En las proximidades de los ríos Jardín y Lezuza tiene un carácter detrítico grueso y puede considerarse como acuífero. En esta zona se tienen un 80% de posibilidades de que al realizar un pozo al azar, éste presente unos caudales mayores o iguales a 10 l/s y produzca una depresión teórica de 1 m del nivel del agua en el interior del pozo. Los valores de transmisividad se encuentran entre unos 10–500 m<sup>2</sup>/día y los valores de coeficiente almacenamiento entre  $1 \times 10^{-2}$  y  $2 \times 10^{-2}$  (Capítulo 5).



## **2. Contribución al conocimiento del funcionamiento hidrogeológico del sistema.**

Una vez establecida la geometría de las unidades hidrogeológicas, las relaciones entre los dominios hidrogeológicos, el análisis y distribución de las características hidrodinámicas de los materiales y la evolución piezométrica, se ha abordado el conocimiento del funcionamiento hidrogeológico del sistema y los cambios producidos en éste a causa de la intensa explotación de las aguas subterráneas, determinando las condiciones de contorno del sistema hidrogeológico. Destacar que cualitativamente y a gran escala se han modelizado las isopiezas como un conjunto multicapa con objeto de determinar el funcionamiento hidrogeológico general, sin que se pueda determinar el flujo concreto por separado para cada unidad hidrogeológica acuífera.

Las condiciones de contorno del conjunto del sistema hidrogeológico de la Mancha Oriental están determinadas por los accidentes tectónicos y las divisorias de aguas subterráneas con otros sistemas hidrogeológicos (Mancha Occidental, Cabriel y Segura). Toda esta información está detallada en el apartado 6.4 y en las Figuras 6.14 a 6.19; Anexo VI.

Al N el límite lo constituye la divisoria de las subcuencas que vierten al río Júcar aguas abajo de la presa de Alarcón (CHJ, 1999). El límite NE es la divisoria de aguas subterráneas entre los ríos Júcar y Cabriel. El límite E, coincide con las alineaciones diapíricas de la unidad hidrogeológica acuífera del Keuper (UH9). El borde del macizo de Montearagón-Carcelén constituye un límite de permeabilidad reducida. Este límite coincide con una importante fractura que pone en contacto materiales de distinta permeabilidad. El límite S lo establece la divisoria de aguas entre las cuencas del río Júcar y Segura.

El dominio hidrogeológico Meridional (sector denominado “teclas de piano”) está compuesto por un conjunto de bloques (Pozocañada, Moro-Nevazos y Salobral), que se encuentran separados entre sí, bien por fallas con desplazamiento vertical, bien por pliegues poco apretados que reducen la potencia de los materiales permeables. La conexión entre el dominio Central y estos bloques se reduce, a efectos hidrogeológicos,

por una banda de baja permeabilidad coincidente con la LFM, que interrumpe la conexión de materiales de la misma edad no así, la conexión hidráulica.

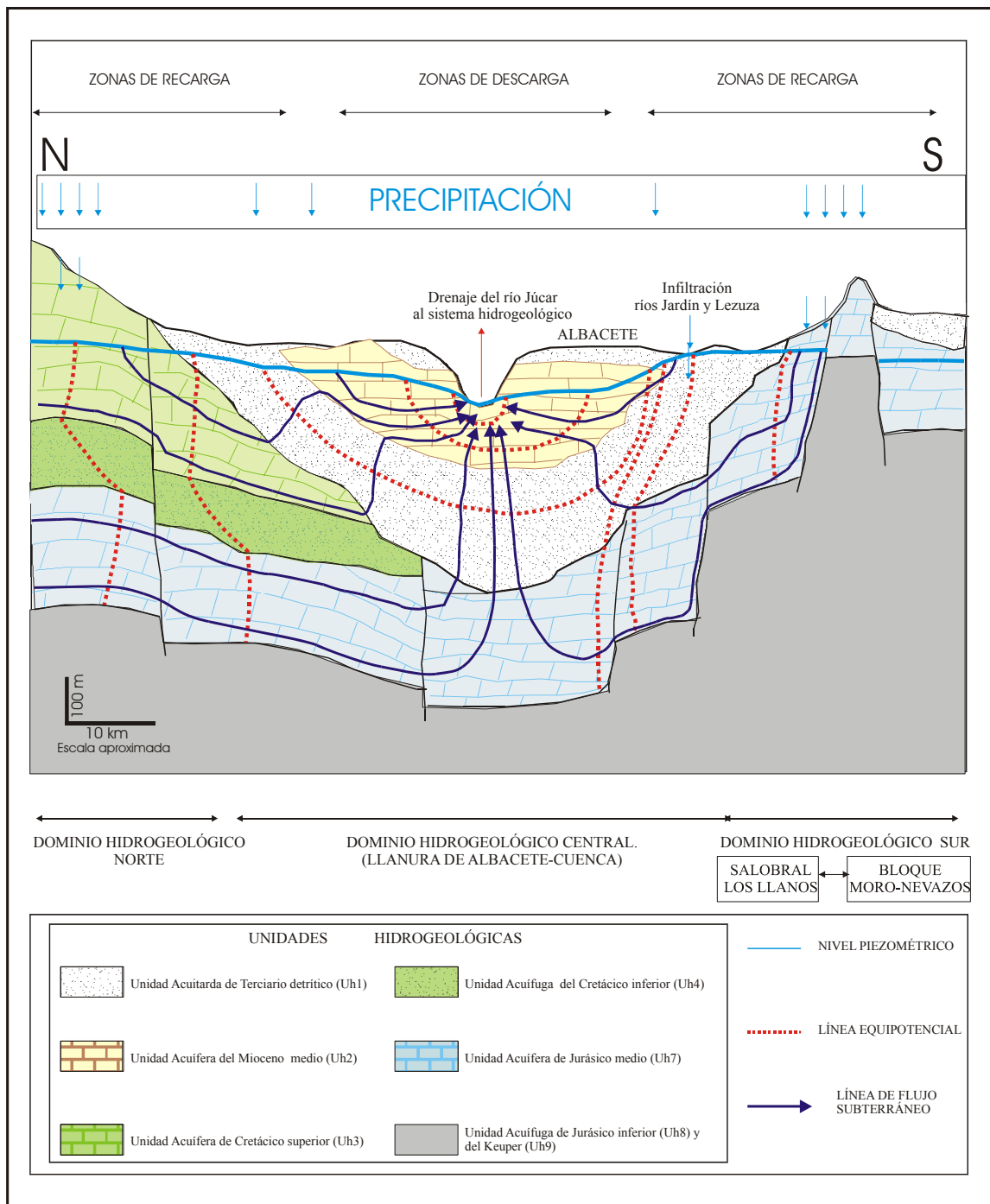
El límite O lo forma la unidad acuífuga del Jurásico inferior (UH8). El límite NO del sistema hidrogeológico es la divisoria de aguas subterráneas entre las cuencas del río Júcar y Guadiana. Esta se desplaza entre 8 y 10 km hacia La Mancha Occidental con respecto a la divisoria de aguas superficiales, siendo además un límite que se desplaza con el tiempo, en función de los descensos de los niveles piezométricos.

El sistema de flujo y su modelo conceptual para el sistema hidrogeológico, con anterioridad a 1975, cuando aún son poco significativos los efectos de las explotaciones de aguas subterráneas, indica que las principales direcciones de flujo son prácticamente convergentes hacia el río Júcar, siendo éste el elemento de descarga de las unidades acuíferas (Figura 7.1). En la zona SO las direcciones de flujo se ven afectadas por la infiltración producida por los ríos Jardín y Lezuza con una dirección tendente también hacia el río Júcar. En los bloques Moro-Nevazos y Pozocañada las direcciones de flujo tienden hacia el S (Figura 6.14; Anexo VI).

Las zonas de recarga coinciden con los afloramientos de las unidades acuíferas del Jurásico medio (UH7) y Cretácico superior (UH3) de la zona N, el propio río Júcar aguas arriba de la localidad de Villalgordo del Júcar (ver capítulo 6.3 y Figuras 6.8 a 6.11), los cursos de los ríos Jardín y Lezuza que ceden sus aportes por infiltración y, el entorno del canal de María Cristina.

El río Júcar se caracteriza por ser la principal zona de descarga a partir de la localidad de La Gineta, recibiendo los aportes subterráneos a través de la unidad acuífera del Mioceno medio (UH2) (véase capítulo 6.3 y Figuras 6.12 a 6.13).

En la Figura 7.1 se muestra el esquema conceptual del funcionamiento hidrogeológico para el año 1975.



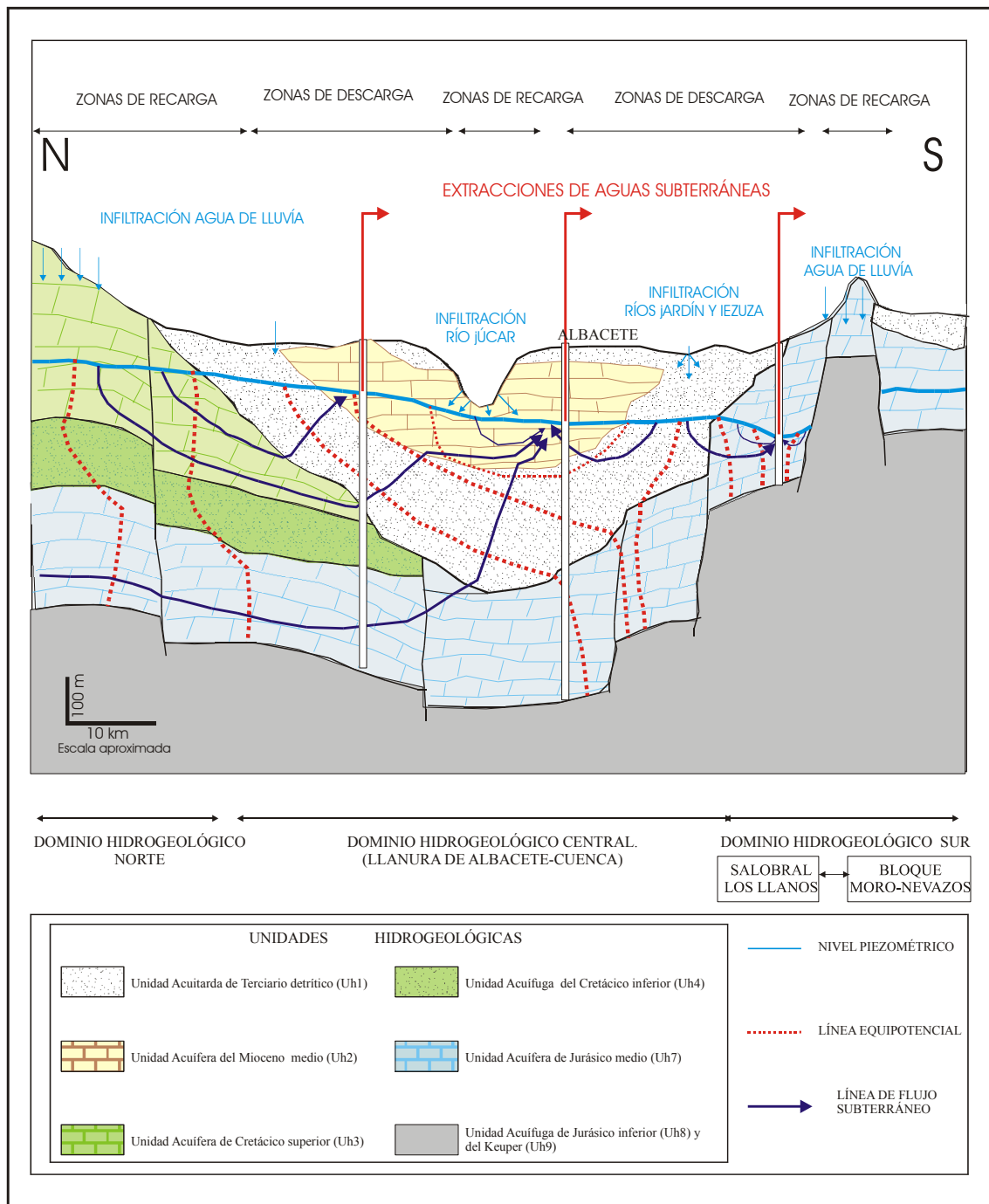
**Figura 7.1. Modelo conceptual del sistema hidrogeológico de la mancha Oriental en régimen permanente (1975).**

El sistema de flujo y el modelo conceptual del sistema hidrogeológico para el año 2002, cuando se llevan más de 20 años de explotación intensiva de las aguas subterráneas, revela los cambios en las direcciones del flujo subterráneo y las variaciones de gradiente hidráulico con el tiempo en determinadas zonas (Figura 7.2).

Las direcciones de flujo en 2002 se dirigen por un lado, hacia el río Júcar en la parte oriental del sistema y, por otro, hacia un sector de alta densificación de cultivos de regadío abastecidos por aguas subterráneas situado entre las localidades de La Roda, La Gineta, Barrax y Albacete. Es de destacar también el sentido de flujo subterráneo hacia una zona situada al SE de Albacete (Bloque Salobral-Los Llanos) donde los descensos han sido de unos 40-70 m. En dicha zona, los cambios del sentido de flujo producidos a lo largo del tiempo se deben a la intensificación de las extracciones de las aguas subterráneas y a las características tectónicas (LFM y falla Salobral- Peñas de San Pedro) que dificultan la conexión hidráulica entre ésta y las zonas colindantes (ver apdo 6.4 y Figuras 6.15 a 6.19; Anexo VI).

Las zonas de recarga son: a) los afloramientos de las unidades acuíferas del Jurásico medio (UH7) y Cretácico superior (UH3) de la zona N del sistema; b) el río Júcar, que desde el embalse de Alarcón hasta la localidad de Valdeganga se encuentra desconectado del sistema acuífero y cediendo parte de sus recursos al acuífero mediante el denominado efecto ducha (ver apdo. 6.3 y Figuras 6.9 a 6.13) y c) los cursos de los ríos Jardín y Lezuza y el entorno del canal de María Cristina que ceden sus aportes por infiltración. Las zonas de descarga para esta fecha coinciden con las zonas donde existe una mayor densificación de cultivos, como indican las direcciones del flujo subterráneo (Figura 6.19; Anexo VI).

En la Figura 7.2 se muestra el esquema conceptual del funcionamiento hidrogeológico para el año 2002.



**Figura 7.2. Modelo conceptual del sistema hidrogeológico de la mancha Oriental después de más de 20 años de explotación de las aguas subterráneas (2002).**

## **8. BIBLIOGRAFÍA**

---



Anderson, M.P. (1989). Hydrogeologic facies models to delineate large-scale spatial trends in glacial and glaciofluvial sediments. *Geological Society American Bulletin*, v. CL, p. 501-511.

Aracil Ávila, E. (1990). Caracterización de los litosomas del Cretácico mediante diagráfias y otras técnicas del subsuelo. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid.

— (1991). Importancia de los pozos de agua para la geología. *Jornadas sobre el medio natural albacetense*. v.I, p. 117-123.

Aracil Ávila, E. y Vilas, L. (1987). Estructuración del basamento mesozoico en los Llanos de Albacete. *Geogaceta*, v. III, p. 19-22.

Arias, C. (1978). Estratigrafía y paleogeografía del Jurásico superior y Cretácico inferior del NE de la provincia de Albacete. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid.

Arias, C. y Vilas, L. (1979). Distribución de las facies del Cretácico inferior en el SE de la provincia de Albacete. Sus relaciones. *Cuadernos de Geología Ibérica*, v. V, p. 453-470.

Arias, C. y Fourcade, E. (1977). El Aptense marino de Chinchilla Monte-Aragón. (Albacete). *Tecniterrae*, v. I-VI, p. 15.

Arias, C. y Vilas, L. (1982). Chinchilla de Montearagón. El Cretácico de la parte central y oriental de la provincia de Albacete. *Estudios Geológicos*, v. XXXVIII, p. 27-31.

Bates, R., y Jackson, J. (1987). *Glossary of Geology*. Ed. Prentice Hall. New Jersey

Confederación Hidrográfica del Júcar (CHJ). (1997). Plan Hidrológico de la cuenca del Júcar. Ministerio de Medio Ambiente.



— (1999). Convenio para actuaciones de apoyo a la gestión hídrica en la Unidad Hidrogeológica 08.29 Mancha Oriental. Informe Interno.

Calvo, J.P. (1978). Estudio petrológico y sedimentológico del Terciario marino del sector central de la provincia de Albacete. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid.

Castaño, S. (1993). Estructura cortical del área de unión de las cordilleras Ibérica y Bética (Interpretación geotectónica basada en datos gravimétricos). Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid. Ed. Servicio de publicaciones de la UCLM.

— (1999). Aplicaciones de la Teledetección y SIG al control y cuantificación de las extracciones de agua subterránea. Medida y Evaluación de las extracciones de agua subterránea. *Eds. Ballester Rodríguez, J.A., Fernández Sánchez, J.A. and Geta, L. I.G.M.E.*, p. 125-141.

Cooper, H.H., J.R., y Jacob, C.E. (1946). A generalized graphical method for evaluating formation constants and summarizing well-field history. *American Geophysical Union*, v. XXVII, p. 526-534.

Cooper, H.H., J.R. (1966). The equation of groundwater flow in fixed and deforming coordinates. *Journal of Geophysical Research*, v. LXXI, p. 4785-90.

Custodio, E. y Llamas, M.R. (1983). *Hidrología Subterránea*. 2ª edición. Ed. Omega. Barcelona. 2 v, 2.350 p.

D.G.O.H. (1993). Estudio de seguimiento de impacto de las extracciones de aguas subterráneas en los acuíferos de la Mancha Oriental y los caudales del río Júcar. Informe Interno.

D.G.O.H. (1996). Estudio hidrogeológico en la Zona Regable del Canal de Albacete. Informe Interno.

Diputación Provincial de Albacete. (1997). Evolución de los niveles piezométricos en el sistema acuífero 08.29. (Mancha Oriental). Informe Interno.

Fetter, C.W. (2001). Applied hydrogeology. 3ª ed. Prentice Hall. New Jersey.

Fourcade, E. (1970). Le Jurassique et le Crétacé aux confins des Chaînes Bétiques et Ibériques (Sud-Est del'Espagne). Tesis Doctoral. Paris.

García Abbad, F.J. (1975). Los alrededores del pantano de Alarcón. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid.

— (1979). Caracteres estructurales de los enlaces meridionales Altomira-Ibérica. Estudios Geológicos, v. XXXV, p. 633-643.

Golden Software, I. (1999). Surfer user's guide.

Gómez, J.J., y Goy, A. (1979). Las unidades litoestratigráficas del Jurásico medio y superior en facies carbonatadas del sector levantino de la Cordillera Ibérica. Estudios Geológicos, v. XXXV, p. 298-569.

Gómez-Alday, J.J., Castaño, S., y Sanz, D. (2004). Origen Geológico de los Contaminantes (Sulfatos) presentes en las aguas subterráneas de la laguna de Pétrola (Albacete, España). Resultados Preliminares. Geogaceta, v. XXXV, p. 177-170.

Goy, A., Gómez, J.J., y Yébenes, A. (1976). El Jurásico de la Rama Castellana de la Cordillera Ibérica. Unidades Litoestratigráficas. Estudios Geológicos, v. XXXII, p. 391-423.

Goy, J.L., y Zazo, C. (1989). Cordilleras Béticas y Baleares. Territorio y Sociedad en España I. Geografía física. Ed. Taurus, Madrid.

Gutiérrez Elorza, M., y Peña Monné, J.L. (1989). Cordillera Ibérica. Territorio y Sociedad en España I. Geografía física. Ed. Taurus, Madrid.

I.G.M.E. (1971). Estudio Hidrogeológico de la comarca Cazorla - Hellín - Yecla. Informe Interno.

— (1973). Estudio hidrogeológico de la zona Oriental de La Mancha. Informe Interno.

- (1976). Mapa Geológico de Motilla del Palancar, Hoja nº 691, escala 1:50.000. Segunda serie (MAGNA). Madrid.
- (1977). Mapa Geológico de Villarobledo, Hoja nº 740, escala 1:50.000. Segunda serie (MAGNA). Madrid.
- (1978a). Mapa Geológico de Carcelén, Hoja nº 767, escala 1:50.000. Segunda serie (MAGNA). Madrid.
- (1978b). Mapa Geológico de Minaya, Hoja nº 741, escala 1:50.000. Segunda serie (MAGNA). Madrid.
- (1979a). Investigación hidrogeológica de la cuenca alta de los ríos Júcar y Segura. Informe Interno.
- (1979b). Mapa Geológico de Ayora, Hoja nº 768, escala 1:50.000. Segunda serie (MAGNA). Madrid.
- (1979c). Mapa Geológico de Campillo de Alto Buey, Hoja nº 692, escala 1:50.000., Segunda serie (MAGNA). Madrid.
- (1979d). Mapa Geológico de Casas Ibáñez, Hoja nº 744, escala 1:50.000. Segunda serie (MAGNA). Madrid.
- (1980a). El sistema hidrogeológico de Albacete (Mancha Oriental). Sus recursos en aguas subterráneas, utilización actual y posibilidades futuras. Ed. IGME.
- (1980b). Mapa Geológico de Apera, Hoja nº 792, escala 1:50.000. Segunda serie (MAGNA). Madrid.
- (1980c). Mapa Geológico de Jalance, Hoja nº 745, escala 1:50.000. Segunda serie (MAGNA). Madrid.
- (1980d). Mapa Geológico de Madrigueras, Hoja nº 743, escala 1:50.000. Segunda serie (MAGNA). Madrid.

- (1981a). Informe sobre la red hidrométrica: descripción, aforos realizados y propuesta de mejora. Informe Interno.
- (1981b). Mapa Geológico de Valdeganga, Hoja nº 766, escala 1:50.000. Segunda serie (MAGNA). Madrid.
- (1984a). Cálculo de la explotación de agua y evolución de recursos hídricos subterráneos, en el área de Manchuela (Provincias de Albacete y Cuenca). Informe Interno.
- (1984b). Informe de las campañas de aforos realizadas en el periodo enero 83-febrero 84 en los ríos Jardín, Quéjola y Lezuza. Albacete. Febrero 1984. Informe Interno.
- (1984c). Resultados de los aforos realizados en la red hidrométrica del río Júcar en octubre de 1983 y enero de 1984. Informe Interno.
- (1985a). Actualización de los datos hidrogeológicos para la planificación de las aguas subterráneas en Castilla- La Mancha. IGME.
- (1985b). Síntesis hidrogeológica de Castilla-La Mancha. IGME.
- (1988a). Estudio de la explotación de aguas subterráneas en el acuífero de la Mancha Oriental y su influencia sobre los caudales del río Júcar. Informe Interno.
- (1988b). Mapa Geológico de Albacete, Hoja nº 790, escala 1:50.000. Segunda serie (MAGNA). Madrid.
- (1988c). Mapa Geológico de La Gineta, Hoja nº 765, escala 1:50.000. Segunda serie (MAGNA). Madrid.
- (1988d). Mapa Geológico de La Roda, Hoja nº 742, escala 1:50.000. Segunda serie (MAGNA). Madrid.

— (1988e). Mapa Geológico de Munera, Hoja nº 764, escala 1:50.000. Segunda serie (MAGNA). Madrid.

— (1988f). Mapa Geológico de Quintanar del Rey, Hoja nº 717. Segunda serie (MAGNA). Madrid.

IGME-DGOH (1988g). Delimitación de las unidades hidrogeológicas del territorio peninsular y e Islas Baleares, y síntesis de sus características. Cuenca del Júcar. IGME-DGOH.

I.R.Y.D.A. (1993). Estudio hidrogeológico de la Manchuela. I.G.M.E. Informe Interno.

Jacob, C.E. (1950). Flow of Groundwater: Engineering Hydraulics, p. 321-386.

Jerez Mir, L. (1971). Bosquejo estratigráfico y paleogeográfico de la zona Prebética en la región de Issa-Elche de la Sierra-Moratalla (Provincias de Albacete-Murcia). Boletín Geológico y Minero, v. LXXXI-II, p. 117-131.

— (1973). Geología de la zona Prebética en la transversal de Elche de la Sierra y sectores adyacentes (Provincias de Albacete-Murcia). Tesis Doctoral. Universidad de Granada.

Krásný, J. (1993). Classification of transmissivity magnitude and variation. Groundwater, v. XXXI-II, p. 230-236, Dublin, Ohio.

— (2003). Distribución espacial de los parámetros hidráulicos en diversos medios hidrogeológicos. Boletín Geológico y Minero, v. CXIV(II), p. 171-182.

Linares Girela, L. (1976). Datos sobre las series jurásico-cretácicas en el sector de Peñas San Pedro-Chinchilla de Monte Aragón.. Boletín Geológico y Minero, v. LXXXII-I, p. 27-36.

Linares Girela, L. y Rodríguez Estrella, T. (1975). El Cretácico del extremo SW de la Ibérica y del borde externo Prebético. (Albacete y Cuenca). Simposio Cretácico de la Cordillera Ibérica. Cuenca.

Linares Girela, L., Senent Alonso, M. (1975). Definición geométrica del sistema hidrogeológico de Albacete. I Jornadas minerometalúrgicas. Bilbao.

Llamas, M.R., Fornés, J.M., Hernández-Mora, N., y Cortina, M. (2001). Aguas subterráneas: retos y oportunidades. Ed., Fundación Marcelino Botín, Mundi-Prensa, 590 p.

Llamas, M.R., y García-Rodríguez, M. (1995). Estudio hidrogeológico para la delimitación oriental del acuífero de la Llanura Manchega. Informe sin publicar.

López Fuster, P. (2000). Los regadíos de la Mancha Oriental (Una quimera hecha realidad). Eds, ITAP, Diputación de Albacete y Caja Castilla-La Mancha. Albacete.

Martín de Santa Olalla, F., Brasa-Ramos, A. y Molina-Casanova, B. (1997). Diseño de un sistema de Gestión Integral del Acuífero 08.29 Mancha Oriental. Informe Interno del proyecto: Diseño de un sistema de Gestión Integral del Acuífero 08.29 Mancha Oriental.

Martín Velázquez, G., De Vicente, M.A., Pascua, R., y Calvo, J.P. (1998). Análisis dinámico del sistema de desgarres NO-SE del Prebético de Albacete. Revista Sociedad Geológica de España, v. XI, p. 369-382.

Montero González, E. (1994). Funcionamiento hidrogeológico del sistema de las lagunas de Ruidera. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid.

Ordóñez, S., Santos, J.A., y García del Cura, M.A. (1975). Contribución al conocimiento de la evolución de la cuenca del río Júcar durante el Neógeno-Cuaternario. Congreso Iberoamericano de Geología económica. Buenos Aires.

Ortí Cabo, F. (1974). El Keuper del Levante Español. Estudios Geológicos, v. XXX, p. 7-46.

Panadero Moya, M. (1995). El río Júcar y su cuenca en la provincia de Albacete. Revista de estudios albacetenses, v. X, p 86-99.

Pérez González, A. (1982). Neógeno y Cuaternario en la Llanura Manchega. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid.

Quesada, A., Rey, R., y Escalante, G. (1967). Reconocimiento geológico de la zona de Carcelén. Boletín Geológico y Minero, v. LXXVIII, p. 93-185.

Rincón, P.J., Montero, E. y Vegas, R. (2001). Marco tectónico de la Unidad Hidrogeológica del Campo de Montiel (Provincias de Ciudad Real y Albacete, España Central). Revista Sociedad Geológica de España, v. XIV, p. 213-225.

Rincón, P.J. y Vegas, R. (1999). Aplicación de índices geomorfológicos de actividad tectónica reciente en el antepaís bético. Sociedad Geológica de España, v. XII, p.

Robles, F. (1970). Estudio estratigráfico y paleontológico del Neógeno continental de la cuenca del río Júcar. Tesis Doctoral. Universidad de Valencia.

Rodríguez Estrella, T. (1979). Geología e Hidrogeología del sector Alcaraz-Lietor-Yeste. (Provincia de Albacete). Síntesis Geológica de la zona Prebética. Tesis Doctoral. Universidad de Granada.

— (1981). Paleogeografía de la zona Prebética durante el Jurásico. Tecnirrae, v. VIII, p. 14-26.

— (1982). Paleogeografía de la zona Prebética durante el Cretácico. Cuadernos de Geología Ibérica, v. VIII, p. 615-633.

— (2004). Los Humedales de la Provincia de Albacete y las Aguas Subterráneas. II Jornadas sobre el medio natural albacetense. Albacete, p. 587-616.

Rodríguez Estrella, T. y Martínez Lainez, J.L. (1971). Estudio de las Formaciones Quesada-Franco-Benejama. Jornadas minerometalúrgicas de Cartagena. Cartagena.

Rodríguez Estrella (1990). La sobreexplotación de las aguas subterráneas en la unidad hidrogeológica de Albacete. (Mancha Oriental). "Al-Bassit". Revista de estudios albacetenses, v. XXVII.

Samper Calvete, F.J., y Carrera, J. (1996). Geoestadística: aplicaciones a la hidrogeología subterránea. Mundi-Prensa. Barcelona, 484 p.

Sánchez Vila, X., Carrera, J. Meier, P.M. (2000). Sobre la interpretación de ensayos hidráulicos en acuíferos no homogéneos. Boletín Geológico y Minero, v. CXI, p. 69-82.

Sánchez-Soria (1974). La Sierra de Altomira. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid.

Santos García, J.A. (1975). Estudio petrológico del Terciario continental de la cuenca del Júcar (Albacete). Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid.

— (1984). Síntesis litoestratigráfica de la cuenca del Júcar (Albacete), a partir de análisis tectosedimentario. Boletín Geológico y Minero, v. XCV-V, p. 429-439.

Sanz, D (2003). Análisis del rendimiento de las captaciones de agua subterránea en la Unidad Hidrogeológica 08.29. (Mancha Oriental). Trabajo de obtención del Diploma de Estudios Avanzados. Inédito. Dpto. Geodinámica, Universidad Complutense de Madrid.

Senent Alonso, M. (1975). Contribución a la Historia de las Aguas Subterráneas de Albacete. Revista de estudios albacetenses, v. I, p. 1-10.

Sopeña, A., Ramos, A. y Villar García, M.V. (1990). El Triásico del sector Alpera-Montealegre del Castillo (Albacete). *en*; Formaciones evaporíticas de la cuenca del Ebro, cadenas periféricas y de la zona de Levante. Eds. Ortí Cabo, F., y Salvany, J.M., p. 224-231.

Theis, C.V. (1963). Estimating the transmissivity of aquifer from the specific capacity of wells. Methods of Determining Permeability, Transmissivity and Drawdown. U.S.G.S., Water supply, v. 1536, p. 331-341.

Vilas, L. (1990). Algunos aspectos de la geología de la provincia de Albacete. Jornadas sobre el medio natural albacetense, v. I, p. 33-41.



Vilas, L., Mas, R., García, A., C., A., Alonso, A., Meléndez, N. y Rincón, R. (1982). Ibérica Suroccidental. *en*; El Cretácico de España, Eds. UCM. Volume VIII, p. 457-509.

Villanueva Martínez, M. e Iglesias López, A. (1984). Pozos y Acuíferos. Eds. IGME. Madrid, 426 p.

Villar García, M.V. (1989). El triásico del sector Alpera-Montealegre del Castillo. Eds. Instituto de Estudios Albacetenses. Albacete. 190p.



## **ANEXO II. INVENTARIO PUNTOS DE AGUA Y FORMATO DE LA BASE DE DATOS**

---



## ÍNDICE

1. Formato de la base de datos hidrogeológicos
  - 1.1. Tabla general
  - 1.2. Niveles piezométricos
    - 1.2.1. Tabla de evolución piezométrica
    - 1.2.2. Tabla de piezometría y litología
  - 1.3. Parámetros hidráulicos
    - 1.3.1. Tabla de ensayos de bombeo y litología
  - 1.4. Litología
    - 1.4.1. Tabla de columnas litológicas
  - 1.5. Características técnicas
    - 1.5.1. Tabla del método de perforación
    - 1.5.2. Tabla del diámetro de la perforación
    - 1.5.3. Tabla del diámetro de la entubación
    - 1.5.4. Tabla de filtros
  - 1.6. Precipitación e Hidrología superficial
    - 1.6.1. Tabla de estaciones pluviométricas
    - 1.6.2. Tabla precipitación anual
    - 1.6.3. Tabla estaciones de aforo
    - 1.6.4. Tabla de aforos
  - 1.7. Leyenda de la base de datos. Códigos numéricos.
    - 1.7.1. Tabla clave litología
    - 1.7.2. Tabla Edad geológica
    - 1.7.3. Tabla código método de perforación
    - 1.7.4. Tabla código fuente de información

PROCEDENCIA	Nº DATOS	TIPO DE INFORMACIÓN
SGOPU  INTECSA	163	Localización(x, y, z, provincia....). Objeto y fecha de ejecución. Características técnicas (perforación-entubación). Columnas litológicas de los terrenos atravesados. Análisis químicos, niveles piezométricos y ensayos de bombeo.
IDR	24	Localización(x, y, z, provincia...). Objeto y fecha de ejecución. Columnas litológicas de los terrenos atravesados. Análisis químicos y niveles piezométricos.
IRIDA TRAGSA	23	Localización(x, y, z, provincia....). Características técnicas (perforación-entubación). Columnas litológicas de los terrenos atravesados. Análisis químicos y niveles piezométricos.
TRAGSATEC	284	Localización(x, y, z, provincia....). Características técnicas (perforación-entubación). Columnas litológicas de los terrenos atravesados. Niveles piezométricos y ensayos de bombeo.
CONCESIONES	320	Localización(x, y, z, provincia....). Objeto y fecha de ejecución. Características técnicas (perforación-entubación).

PIEZOMETRÍA IGME, CHJ y JCRMO	71	Localización(x, y, z, provincia....). Objeto y fecha de ejecución. Características técnicas (perforación-entubación). Columnas litológicas de los terrenos atravesados. Análisis químicos, niveles piezométricos y ensayos de bombeo.
IGME	1.334	Localización(x, y, z, provincia....). Objeto y fecha de ejecución. Columnas litológicas de los terrenos atravesados. Análisis químicos, niveles piezométricos y ensayos de bombeo.
CANAL DE ALBACETE ZONA REGABLE	4	Localización(x, y, z, provincia....). Objeto y fecha de ejecución. Columnas litológicas de los terrenos atravesados. Niveles piezométricos, ensayos de bombeo y aforos.
MANATIALES	68	Existen datos importantes pero no la fecha del nivel y caudal.
ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO ALTO JÚCAR- ALTO SEGURA	107	Localización(x, y, z, provincia....). Columnas litológicas de los terrenos atravesados. Análisis químicos, ensayos de bombeo y aforos.

JCRMO	24	Localización(x, y, z, provincia....). Objeto y fecha de ejecución. Características técnicas (perforación-entubación). Columnas litológicas de los terrenos atravesados. Ensayos de bombeo y aforos.
SONDEOS PROFUNDOS DEL PETRÓLEO	4	Localización(x, y, z, provincia....). Objeto y fecha de ejecución. Características técnicas (perforación-entubación). Columnas litológicas de los terrenos atravesados.
INFORMES DE ABASTECIMIENTO A LOCALIDADES	37	Localización(x, y, z, provincia....). Objeto y fecha de ejecución. Características técnicas (perforación-entubación). Columnas litológicas de los terrenos atravesados. Análisis químicos, niveles piezométricos y ensayos de bombeo.
CAMPAÑA DE CAMPO	17	Localización(x, y, z, provincia....). Objeto y fecha de ejecución. Características técnicas (perforación-entubación). Columnas litológicas de los terrenos atravesados. Análisis químicos, niveles piezométricos y ensayos de bombeo.

**Tabla 2.1. Inventario de puntos de agua. Fuentes de información y tipos de datos.**



PROCEDENCIA	NIVELES PIEZOMÉTRICOS		PARÁMETROS HIDRÁULICOS	COLUMNAS LITOLÓGICAS	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS
	Puntos	Datos	Puntos	Puntos	Puntos
MOPU	6	6	89	11	11
IDR	24	40	15	23	23
IRYDA-TRAGSA	22	22	8	23	20
TRAGSATEC	198	198	41	263	233
CONCESIONES					
PIEZOMETRÍA IGME, CHJ Y JCRMO.	71	5.055	10	26	40
BASE DE DATOS IGME	244	6.362	268		5
CANAL DE ALBACETE	4	4		4	4
MANANTIALES					
ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO ALTO JÚCAR- ALTO SEGURA			60	60	47
JCRMO				30	30
SONDEOS PROFUNDOS DEL PETRÓLEO				4	4
INFORMES DE ABASTECIMIENTO A LOCALIDADES	25	25-	25	55	55
CAMPAÑA DE CAMPO	12	52	11	17	14
<b>TOTAL</b>	<b>606</b>	<b>11.764</b>	<b>527</b>	<b>516</b>	<b>486</b>

**Tabla 2.2. Inventario de puntos de agua. Cuantificación de los tipos de datos.**

## 1. Formato de la base de datos hidrogeológicos.

La base de datos hidrogeológicos recogida en este trabajo se encuentra en el Departamento de Geodinámica de la UCM y en el IDR de la UCLM. Se ha elaborado con la colaboración de Pilar Llanes, integrante del proyecto de investigación en el marco del cual se integra esta Tesis Doctoral, y con el asesoramiento de Antonio Moreno y Miguel Mejuto, pertenecientes al IDR e integrantes también de dicho proyecto. Esta base de datos se subdivide en tres grandes apartados. El primero recoge los datos de hidrogeología; el segundo engloba los datos de precipitación y, el tercero y último, agrupa los datos sobre la hidrología superficial.

A continuación se muestran las relaciones entre los distintos elementos recogidos en la base de datos para realizar posteriormente una descripción detallada de cada uno de ellos.

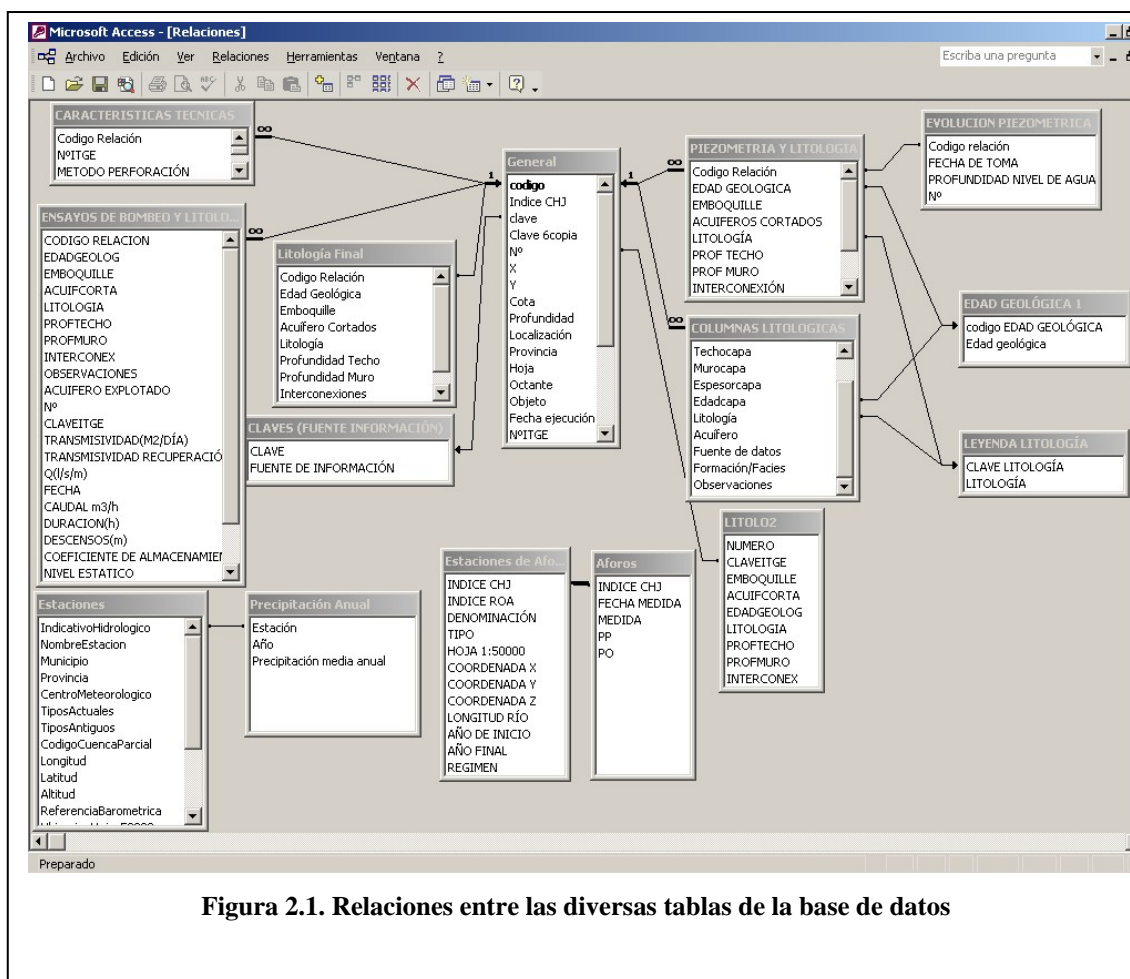


Figura 2.1. Relaciones entre las diversas tablas de la base de datos

En primer lugar se ha confeccionado una tabla general con un campo identificativo que actúa como nexo o nodo con las demás tablas.

### 1.1. Tabla general

*-Código identificativo: a partir de este número se relacionan todas las tablas y consultas.*

*-Clave: es la fuente de información tal y como se puede observar en las tablas 2.1 y 2.2, ver leyenda.*

*-Hoja geológica del Plan Magna a escala 1:50.000*

*-Octante de la hoja geológica.*

*-Localización.*

*-Provincia.*

*-Coordenadas U.T.M: X, Y, Z= cota*

*-Profundidad en metros.*

*-Zona hidrogeológica del ITGE, sólo para ciertos registros.*

*-Objeto al que se dedica el pozo o sondeo.*

*-Fecha de construcción.*

*-Numero del ITGE, sólo para ciertos registros.*

*-Características técnicas de la perforación (si tiene o no).*

*-Niveles piezométricos (si o no).*

*-Número de lecturas de los niveles.*

*-Ensayos de bombeo (si o no).*

*-Datos de litología (si o no).*

*-Datos de análisis químicos (si o no).*

*-Datos de la bomba de extracción del agua (si o no).*

CÓDIGO	CLAVE	Nº	OCTANTE	LOCALIZACIÓN	PROVINCIA
331	5	5	6	LA HERRERA, EL	ALBACETE
330	5	4	8	LA GINETA, SAN ISIDRO	ALBACETE
329	5	3	2	CASA ROMERO	ALBACETE

X	Y	COTA	PROFUNDIDAD	HOJA	OBJETO
579975	4306400	727	220	790	RIEGO
563500	4322850	780		764	RIEGO
583300	4335150	705	170	765	RIEGO

FECHA EJECUCIÓN	Nº ITGE	ENSAYO BOMBEO	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS
		NO	NO
		NO	NO
		NO	NO

NIVELES PIEZOMÉTRICOS	LITOLOGÍA	ANÁLISIS QUÍMICOS	DATOS BOMBA	TITULAR
NO	NO	NO	SÍ	
NO	NO	NO	SÍ	
NO	NO	NO	SÍ	

En segundo lugar se han elaborado distintas tablas secundarias y consultas que se describen a continuación.

## 1.2. Niveles piezométricos

Se han realizado dos tablas. La primera con las medidas de los niveles y la fecha de toma (11.697 lecturas piezométricas desde los años 70 hasta el año 2002) y la segunda, en la cual se puede conocer el acuífero del que se toma las medidas de piezometría (569 pozos o sondeos con medidas).

### 1.2.1. Tabla de evolución piezométrica

*-Código identificativo.*

*-Número del sondeo o pozo.*

*-Fecha de la toma de lecturas.*

*-Cota de los niveles del agua (en metros) sobre el nivel del mar en Alicante.*

*-Profundidad del nivel del agua en pozo o sondeo (en metros).*

CÓDIGO	Nº	FECHA TOMA	COTA NIVELES SOBRE NIVEL DEL	PROFUNDIDAD NIVEL DE AGUA
675	243130053	18/03/1977	686,76	5,62
675	243130053	15/02/1977	686,7	5,68
675	243130053	30/07/1977	685,59	6,79
676	243130079	26/10/1987	623,75	59,25
676	243130079	10/03/1986	643	40
676	243130079	11/10/1983	627,92	55,08

### 1.2.2. Tabla de piezometría y litología

*-Código identificador.*

*-Edad geológica del acuífero que explota el sondeo en clave.*

*-Emboquille del pozo o sondeo.*

*-Acuíferos atravesados.*

*-Litología del acuífero explotado.*

*-Profundidad del techo (en metros).*

*-Profundidad del muro (en metros).*

*-Interconexión entre acuíferos.*

*-Observaciones.*

*-Número de lecturas piezométricas.*

CÓDIGO	EDAD GEOLÓGICA	EMBOQUILLE	ACUÍFEROS CORTADOS	LITOLOGÍA	P.TECHO	P.MURO
654	26	MIOCENO	01	CALIZAS	40	170
655	22	CRETACICO	01	DOLOMÍAS	0	163
656	26	PLIOCENO	02	DOLOMÍAS	173	346
657	26	ARCILLA	02	DOLOMÍAS	379	727

INTERCONEXIÓN	OBSERVACIONES	Nº LECTURAS	Nº ITGE
		134	233080004
		45	242860014
0		157	242910009
		36	242970006

### 1.3. Parámetros hidráulicos

Se ha elaborado una única tabla donde se recogen tanto los valores de los parámetros hidrogeológicos como el acuífero del que proceden. Consta de 527 pozos o sondeos con datos bien de Transmisividad (T), Coeficiente de Almacenamiento (S) o Caudal específico ( $Q_{esp}$ ).

#### 1.3.1. Tabla de ensayos de bombeo y litología

- Código identificativo.
- Edad geológica del acuífero que explota el sondeo en clave.
- Emboquille del pozo o sondeo.
- Acuíferos atravesados.
- Litología del acuífero explotado.
- Profundidad del techo en metros.
- Profundidad del muro en metros.
- Interconexión entre acuíferos.
- Observaciones.
- Transmisividad descensos ( $T \text{ m}^2/\text{día}$ ).
- Transmisividad recuperación ( $T \text{ m}^2/\text{día}$ ).
- Caudal específico ( $Q_{esp} \text{ l/s/m}$ ).
- Caudal bombeado en la prueba (  $Q \text{ m}^3/\text{h}$ ).
- Duración de la prueba (en horas).
- Descenso de los niveles del agua durante la prueba (en metros).
- Coeficiente de Almacenamiento (S).

CÓDIGO	EDAD GEOLÓGICA	EMBOQUILLE	ACUÍFEROS CORTADOS	LITOLOGIA	P.TECHO	P.MURO
9	26	MIOCENO	01	CALIZA	40	134
10	26	MIOCENO	01	CALIZA	20	87
11	26	MIOCENO	01	CALIZA	20	100

OBSERVACIONES	ACUIFERO EXPLOTADO	INTERCONEXIONES
ENSAYO DE LARGA DURACIÓN		
HAY DOS ENSAYOS PARA DISTINTAS FECHAS DANDO ESA T MEDIA EN LOS DOS. EL Qesp ES EL Q DE BOMBEO/NE-N		
EXISTE OTRO ENSAYO DE BOMBEO PARA OTRA FECHA. LOS DATOS DE TRANSMISIVIDAD SON LOS DE RECUPERACIÓN PARA LOS DOS		

T (m <sup>2</sup> /día)	T (m <sup>2</sup> /día) RECUP.	Q <sub>ESP</sub> (l/s/m)	FECHA	CAUDAL (m <sup>3</sup> /h)	DURACION (h)	DESCENSO (m)	COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO
2.370	15,8	1,5		10,8	16	2	0,02
315		20	01/01/19 73	108	24	1,5	-
1.450		28,57		1728	8,3	0,7	-

#### 1.4. Litología

Tabla confeccionada por Pilar Llanes y David Sanz. En esta tabla, para cada pozo o sondeo se describen mediante códigos numéricos los terrenos atravesados, de esta manera en un mismo sondeo se describe cada unidad litoestratigráfica. Está compuesta por 4.076 registros en 516 sondeos, pozos o piezómetros con columnas litológicas.

##### 1.4.1. Tabla de columnas litológicas

-Código identificador.

-Techo de la capa( en metros) siendo la boca del pozo 0.

- Muro de la capa (en metros) siendo la boca del pozo 0.
- Espesor de la capa (en metros).
- Edad geológica de la capa (en código numérico).
- Litología de la capa (en código numérico).
- Acuífero (si o no).
- Fuente de información de los datos( en código numérico).
- Nombre de la formación o de las facies.
- Observaciones.

CÓDIGO	TECHO CAPA	MURO CAPA	ESPESOR CAPA	EDAD CAPA	LITOLOGÍA	ACUÍFERO
5	0	18	0	61	2	No
5	18	46	0	61	2	Sí
5	46	48,3	0	61	46	No
6	0	9	0	32	63	No
6	9	20	0	32	25	No
6	20	22	0	32	6	No
6	22	111	0	32	63	No
6	111	146	0	25	2	Sí
6	146	148	0	25	6	Sí
6	148	150	0	25	2	Sí
6	150	151	0	25	2	Sí

FUENTE DE DATOS	FORMACIÓN/ FACIES	OBSERVACIONES
6	0	MUY DURAS. ESTRATIFICACIÓN INCLINADA
6	0	OQUEROSAS
6	0	CON MATERIA ORGÁNICA
6	0	CON ARENAS
6	0	
6	0	
6	0	CON ARENAS
6	0	
6	0	
6	0	
6	0	



### 1.5. Características técnicas

En relación a los pozos y sondeos recogidos durante el inventario de puntos de agua, todos aquellos de los que existían datos de las características técnicas y de la construcción se han estructurado de la siguiente manera.

#### 1.5.1. Tabla del método de perforación

Para la realización de esta tabla se han utilizado 149 datos.

*-Código de relación.*

*-Método de perforación (en códigos numéricos).*

CÓDIGO	MÉTODO DE PERFORACIÓN
1	1
2	1
3	1
4	1
5	1

#### 1.5.2. Tabla del diámetro de la perforación ( 461 registros de más de 100 pozos)

*-Código de relación.*

*-Techo perforación (n metros) siendo 0 la boca del pozo.*

*-Muro perforación (en metros) siendo 0 la boca del pozo.*

*-Diámetro de la perforación (en milímetros).*

CÓDIGO	TECHO PERFORACIÓN	MURO PERFORACIÓN	DIÁMETRO PERFORACIÓN
3	0	42	600
3	42	121	500
3	122	170	380
4	0	11	480
4	11	58	400
4	58	84	330

#### 1.5.3. Tabla del diámetro de la entubación

La elaboración de esta tabla se ha realizado tomando 338 registros de más de 100 pozos.

*-Código de relación.*

*-Techo de la entubación (en metros) siendo 0 la boca del pozo.*

*-Muro de la entubación (en metros) siendo 0 la boca del pozo.*

*-Diámetro de la entubación (en milímetros).*

CÓDIGO	PROFUNDIDAD TECHO	PROFUNDIDAD MURO	DIÁMETRO ENTUBACIÓN
3	0	42	518
3	40	125	400
4	0	57	350
4	57	84	250
5	12	48	300
5	0	12	400

#### 1.5.4. Tabla de filtros

Esta tabla hace referencia a las zonas del sondeo por donde el agua del acuífero accede a dicho pozo. Para ello, se han utilizado 229 datos.

*-Código de relación.*

*-Techo de los filtros (en metros) siendo 0 la boca del pozo.*

*-Muro de los filtros (en metros) siendo 0 la boca del pozo.*

*-Observaciones.*

CÓDIGO	TECHO FILTROS	MURO FILTROS	OBSERVACIONES
5	18	48	
6	115	163	
7	168	228	CEMENTADA CON ZAPATAS DE 235-245m
8	44	77	
9	39	133	

## 1.6. Precipitación e Hidrología superficial

Por un lado, se han recopilado las estaciones pluviométricas codificadas por el Instituto Nacional de Meteorología como: 08155 Motilla del Palancar, 08252 Minglanilla, 08152 La Roda, 08161 Villagarcía del Llano, 08175 Albacete-Los Llanos y 07268 Bonete de la zona de estudio y se han introducido los valores de precipitación anual. Por otro, las estaciones de aforo existentes en los ríos Jardín, Lezuza y Júcar junto con los caudales mensuales medios.

### 1.6.1. Tabla de estaciones pluviométricas

*-Código indicativo del Instituto Nacional de Meteorología.*

*-Nombre de la estación*

*-Provincia.*

*-Coordenadas X, Y, Z.*

*-Ubicación en hojas 1:50.000.*

INDICATIVO HIDROLÓGICO	NOMBRE ESTACIÓN	PROVINCIA	X	Y	Z	UBICACIÓN HOJAS 50000
8155	MOTILLA DEL PALANCAR	CUENCA	595517	4380328	831	691

### 1.6.2. Tabla precipitación anual (medida mm)

*-Código indicativo del Instituto Nacional de Meteorología.*

*-Año*

*-Precipitación anual media en milímetros.*

PRECIPITACIÓN ANUAL		
ESTACIÓN	AÑO	PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL
8155	1974	643
8155	1975	501
8155	1976	624

### 1.6.3. Tabla estaciones de aforo

-Código indicativo de la Confederación Hidrográfica del Júcar.

-Código indicativo de la Red de control de Aforos.

-Tipo de curso de agua.

-Ubicación en hojas 1:50.000.

-Coordenadas X, Y, Z.

-Años de inicio y final de medidas.

-Régimen en que se toman las medidas.

INDICE CHJ	INDICE ROA	DENOMINACIÓN	TIPO	HOJA 1:50000	X	Y	Z	AÑO INICIO	AÑO FINAL	REGIMEN
8132	8132	EL PUENTE DEL CARRASCO	RÍO	742	584750	4341150	0	1970	1976	
8133	8402	LA TEJA	CANAL	742	584880	4341185	0	1968	1986	
8137	8137	TIRIEZ	RÍO	789	564785	4305540	0	1968		NATURAL
8138	8138	BALAZOTE	RÍO	790	576695	4306880	0	1969		NATURAL
8144	8144	ALCALA DEL JÚCAR	RÍO	744	636045	4339960	0	1914		NATURAL

### 1.6.4. Tabla de aforos (hm<sup>3</sup>/mes)

-Código indicativo de la Confederación Hidrográfica del Júcar.

-Fecha de la toma de medida

-Caudal en hm<sup>3</sup>/mes.

AFOROS		
INDICE CHJ	FECHA MEDIDA	MEDIDA
8129	01/02/2002	5,817
8137	01/02/2002	0,16
8107	01/02/2002	22,067
8112	01/02/2002	15,081
8036	01/02/2002	6,739
8144	01/02/2002	6,43
8130	01/02/2002	1,411
8036	01/01/2002	6,53
8137	01/01/2002	0,216
8144	01/01/2002	6,934

A continuación se presenta la leyenda de la base de datos en cuanto a los códigos numéricos.

### 1.7. Leyenda de la base de datos. Códigos numéricos

#### 1.7.1. Tabla clave litología

CLAVE LITOLOGÍA	LITOLOGÍA
0	SE DESCONOCE
1	DOLOMÍAS
2	CALIZAS
3	GRAVAS
4	ARENAS
5	MARGAS
6	ARCILLAS
7	YESOS
8	OTRAS LITOLOGÍAS
9	SUELO ORGÁNICO
10	SIN TESTIGO
12	DOLOMÍAS Y CALIZAS
13	DOLOMÍAS Y GRAVAS
14	DOLOMÍAS Y ARENAS
15	DOLOMÍAS Y MARGAS
16	DOLOMÍAS Y ARCILLAS
17	DOLOMÍAS Y YESOS
21	CALIZAS Y DOLOMÍAS
22	CALIZAS KARSTIFICADAS
23	CALIZAS Y GRAVAS
24	CALIZAS Y ARENAS
25	CALIZAS Y MARGAS
26	CALIZAS Y ARCILLAS
27	CALIZAS Y CONGLOMERADOS
31	GRAVAS Y DOLOMÍAS
32	GRAVAS Y CALIZAS
33	TOBAS Y TRAVERTINOS
34	GRAVAS Y ARENAS
35	GRAVAS Y MARGAS
36	GRAVAS Y ARCILLAS
41	ARENAS Y DOLOMÍAS
42	ARENAS Y CALIZAS
43	ARENAS Y GRAVAS
44	BRECHA SINSEDIMENTARIA
45	ARENAS Y MARGAS
46	ARENAS Y ARCILLAS
47	ARENAS Y CONGLOMERADOS

51	MARGAS Y DOLOMÍAS
52	MARGAS Y CALIZAS
53	MARGAS Y GRAVAS
54	MARGAS Y ARENAS
56	MARGAS Y ARCILLAS
57	MARGAS Y YESOS
58	MARGAS Y CONGLOMERADOS
59	MARGAS CARBÓN O MATERIA
61	ARCILLAS Y DOLOMÍAS
62	ARCILLAS Y CALIZAS

CLAVE LITOLOGÍA	LITOLOGÍA
63	ARCILLAS Y GRAVAS
64	ARCILLAS Y ARENAS
65	ARCILLAS Y ARENAS
67	ARCILLAS Y YESOS
68	ARCILLAS Y CONGLOMERADOS
71	YESOS Y DOLOMÍAS
72	YESOS Y CALIZAS
75	YESOS Y MARGAS
76	YESOS Y ARCILLAS
77	SAL
80	CARNIOLAS
81	LIMOS Y DOLOMÍAS
82	OTRAS EVAPORITAS Y CALIZAS
83	LIMOS Y CALIZAS
84	LIMOS Y ARENAS
85	LIMOS Y MARGAS
86	LIMOS Y ARCILLAS
88	CONGLOMERADOS
91	SUELO ORGÁNICO Y DOLOMÍAS
92	SUELO ORGÁNICO Y CALIZAS
93	SUELO ORGÁNICO Y GRAVAS
95	SUELO ORGÁNICO Y MARGAS
96	SUELO ORGÁNICO Y ARCILLAS
99	PIZARRAS
100	CANTOS DE CUARCITA
101	SIN TESTIGO Y DOLOMÍAS
102	SIN TESTIGO Y CALIZAS
103	SIN TESTIGO Y GRAVAS
104	SIN TESTIGO Y ARENAS
105	SIN TESTIGO Y MARGAS
106	SIN TESTIGO Y ARCILLAS
212	CALIZAS DOLOMÍTICAS
221	CALIZAS KARSTIFICADAS Y DOLOMÍAS
222	CALIZAS KARSTIFICADAS Y CALIZAS
362	GRAVAS ARCILLAS Y CALIZAS
422	ARENAS Y CALIZAS KARSTIFICADAS
444	BRECHA TECTÓNICA

463	ARENAS ARCILLAS Y GRAVAS
508	MARGAS Y LIMOS
526	MARGAS CALIZAS Y ARCILLAS
562	MARGAS ARCILLAS Y CALIZAS
643	ARCILLAS ARENAS Y GRAVAS
777	SAL Y ANHIDRITA
800	LIMOS
882	CONGLOMERADOS CON CALIZAS
883	CONGLOMERADOS Y GRAVAS

CLAVE LITOLOGÍA	LITOLOGÍA
886	CONGLOMERADOS Y ARCILLAS
902	CARBÓN Y CALIZAS OSCURAS CON LIGNITOS
905	CARBÓN O MATERIA ORGÁNICA Y MARGAS
906	CARBÓN O MATERIA ORGÁNICA Y ARCILLAS
907	CARBÓN O MATERIA ORGÁNICA Y YESOS
908	CARBÓN O MATERIA ORGÁNICA Y LIMOS
993	PIZARRAS Y GRAVAS
996	PIZARRAS Y ARCILLAS
997	PIZARRAS Y YESOS
999	DEPÓSITOS ANTRÓPICOS

### 1.7.2. Tabla Edad geológica

Se representa en forma de códigos la edad de los materiales atravesados durante la perforación de los sondeos.

CÓDIGO	EDAD GEOLÓGICA
0	NO SE SABE
21	CRETÁCICO
22	CRETÁCICO SUPERIOR (BENEJAMA)
23	CRETÁCICO INFERIOR (UTRILLAS)
24	JURÁSICO
26	DOGGER
27	LÍAS-DOGGER
30	TERCIARIO, TRAMO SUPERIOR
32	MIOCENO (PONTIENSE)
33	MIOCENO SUPERIOR (DETRÍTICO)
34	MIOCENO INFERIOR
40	CUATERNARIO
41	CUATERNARIO RECIENTE
42	CUATERNARIO ANTIGUO
61	TRIÁSICO
64	MUSCHELKALK
75	PALEOCENO
78	TERCIARIO
20	MESOZOICO INDIFERENCIADO
X	DOS ACUÍFEROS A LA VEZ
11	PÉRMICO O PERMOTRÍAS
25	MALM
31	PLIOCENO
39	PLIOCUATERNARIO
53	SILÚRICO
63	KEUPER
65	BUNTSANDSTEIN
76	PALEOGENO
77	MIOCENO INFERIOR-OLIGOCENO
90	CENOZOICO INDIFERENCIADO
99	NEOGENO
333	MIOCENO SUPERIOR-PLIOCENO
267	DOGGER-LIAS SUPERIOR Y MEDIO
271	LÍAS INFERIOR-INFRAlias
272	LÍAS MEDIO SUPERIOR



### 1.7.3. Tabla código método de perforación

CLAVE MÉTODO	MÉTODO PERFORACIÓN
0	NO SE SABE
1	PERCUSIÓN
2	ROTACIÓN
3	ESCAVADO
4	ROTO-PERCUSIÓN

### 1.7.4. Tabla código fuente de información

CLAVE	FUENTE DE INFORMACIÓN
1	MOP Y SERVICIO GEOLÓGICO DE OBRAS PÚBLICAS (1973)
100	SONDEOS PROFUNDOS DEL PETRÓLEO
11	ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO ALTO JÚCAR-ALTO SEGURA
15	ENSAYOS DE BOMBEO REALIZADOS
2	PILAR MAÑAS
3	IRYDA-TRAGSA
4	TRAGSATEC
5	CONCESIONES (JCRMO)
50	ARCHIVO DE SOCIOS JCRMO
6	PIEZOMETRÍA (IGME), MIGUEL MEJUTO, JCRMO Y CHJ
7	BASE DATOS IGME
71	INFORMES FINALES DE ABASTECIMIENTO A LOCALIDADES.
8	CANAL DE ALBACETE. ZONA REGABLE
9	MANANTIALES

Con toda esta información se han podido confeccionar formularios, agrupando consultas entre las diversas tablas. Un ejemplo se puede observar en la Figura 2.2.

Microsoft Access - [PIEZÓMETROS1]

Archivo Edición Ver Insertar Formato Registros Herramientas Ventana ?

MS Sans Serif 8

codigo	clave	Localización		Provincia
675	6	CASA DE LAS MONJAS Stª Ana - (		ALBACETE
Hoja	Octante	X	Y	Cota
790	6	582925	4307425	709,29
Profundidad				
348				
OBSERVACIONES				
ALBACETE				
Emboquille		Edad Geológica		Acuífero Cortados
CUATERNARIO		26		
Litología		Profundidad Techo		Profundidad Muro
DOLOMIAS		225		+348

**EVOLUCION PIEZOMÉTRICA**

**Subformulario COLUMNAS LITOLÓGICAS1**

	Techocap	Murocapz	Edadcapz	Litología	Acuífero
▶	0	87	0	63	<input type="checkbox"/>
	87	162	0	52	<input type="checkbox"/>
	162	225	0	63	<input type="checkbox"/>
	225	348	26	1	<input checked="" type="checkbox"/>
*	0	0	0	0	<input type="checkbox"/>

Registro: 1 de 4

Registro: 36 de 165

Figura 2.2. Formulario tipo de la base de datos



## **ANEXO III. FOTOGRAFÍAS GEOLOGÍA**





**Foto 1. Aspecto visual de la facies Keuper en las proximidades de la localidad de Casas Ibáñez.**



**Foto 2. Aspecto visual de la Formación Madroño en las proximidades de la localidad de Balazote.**





**Foto 3. Aspecto visual de la Formación Colleras en las proximidades de la localidad de Balazote.**



**Foto 4. Aspecto visual de la Formación Chorro en las proximidades de la localidad del Salobral.**





**Foto 5. Aspecto visual de la Formación Lorente en las proximidades de la localidad de Pétrola.**



**Foto 6. Aspecto visual de la Formación Gallinera en las proximidades de la localidad de Pétrola.**





**Foto 7. Aspecto visual de la “Facies Weald” en las proximidades de la localidad de Horna.**



**Foto 8. Aspecto visual de la “Facies Utrillas” (a muro) y del Cretácico superior en las proximidades de la localidad de Higuera.**





**Foto 9. Aspecto visual de la Formación Benejama en las proximidades del pantano de Alarcón.**



**Foto 10. Aspecto visual de la las calizas del río Júcar UTS 2 en las proximidades de la localidad de Alcalá del Júcar.**



## **ANEXO IV. UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS Y CORTES HIDROGEOLÓGICOS**

---



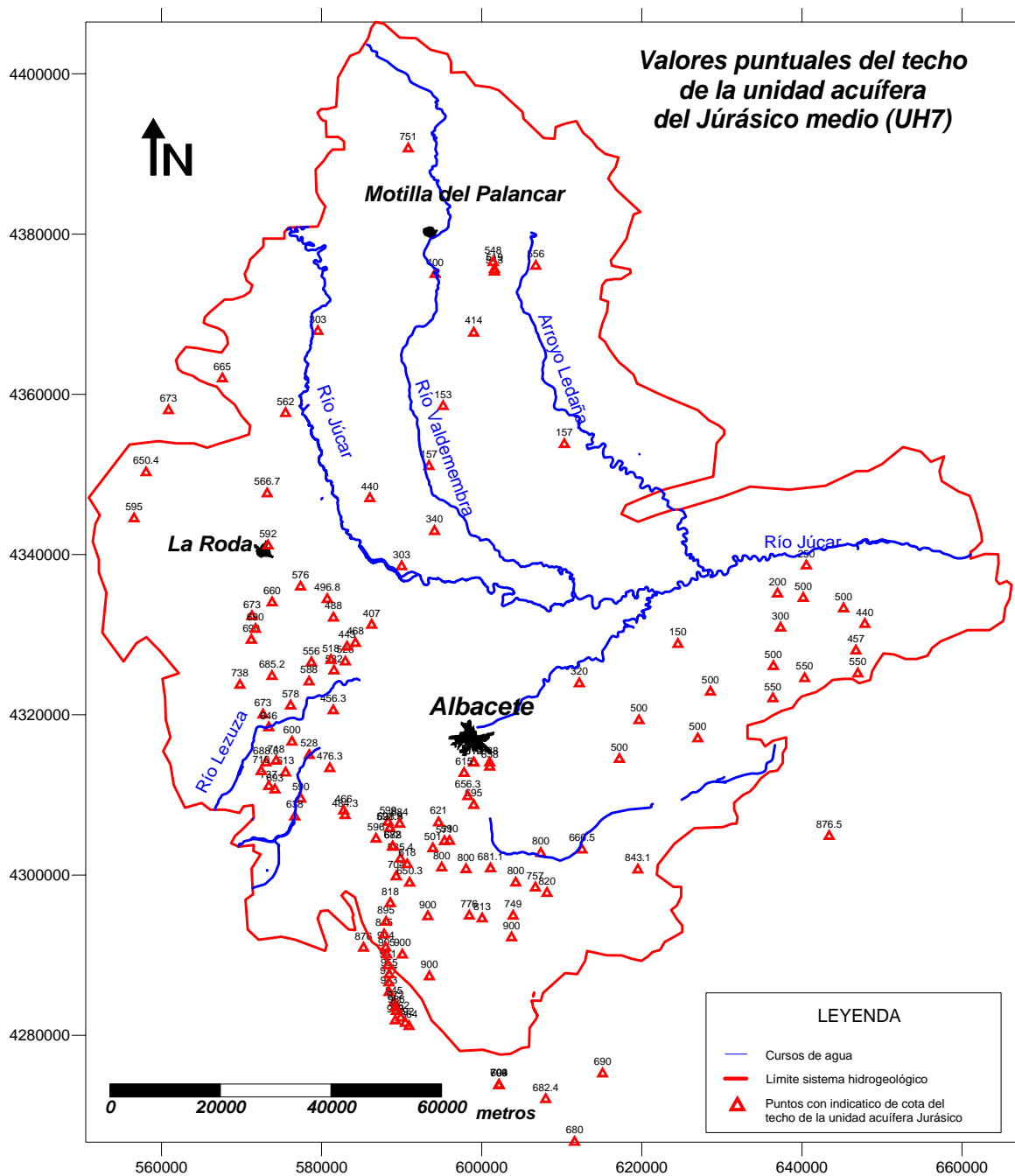
## **INDICE**

- Planos de situación de las columnas litológicas de los sondeos con valores del muro y techo de las unidades hidrogeológicas acuíferas (UH7), (UH3) y (UH2).

### **- CORTES HIDROGEOLÓGICOS**

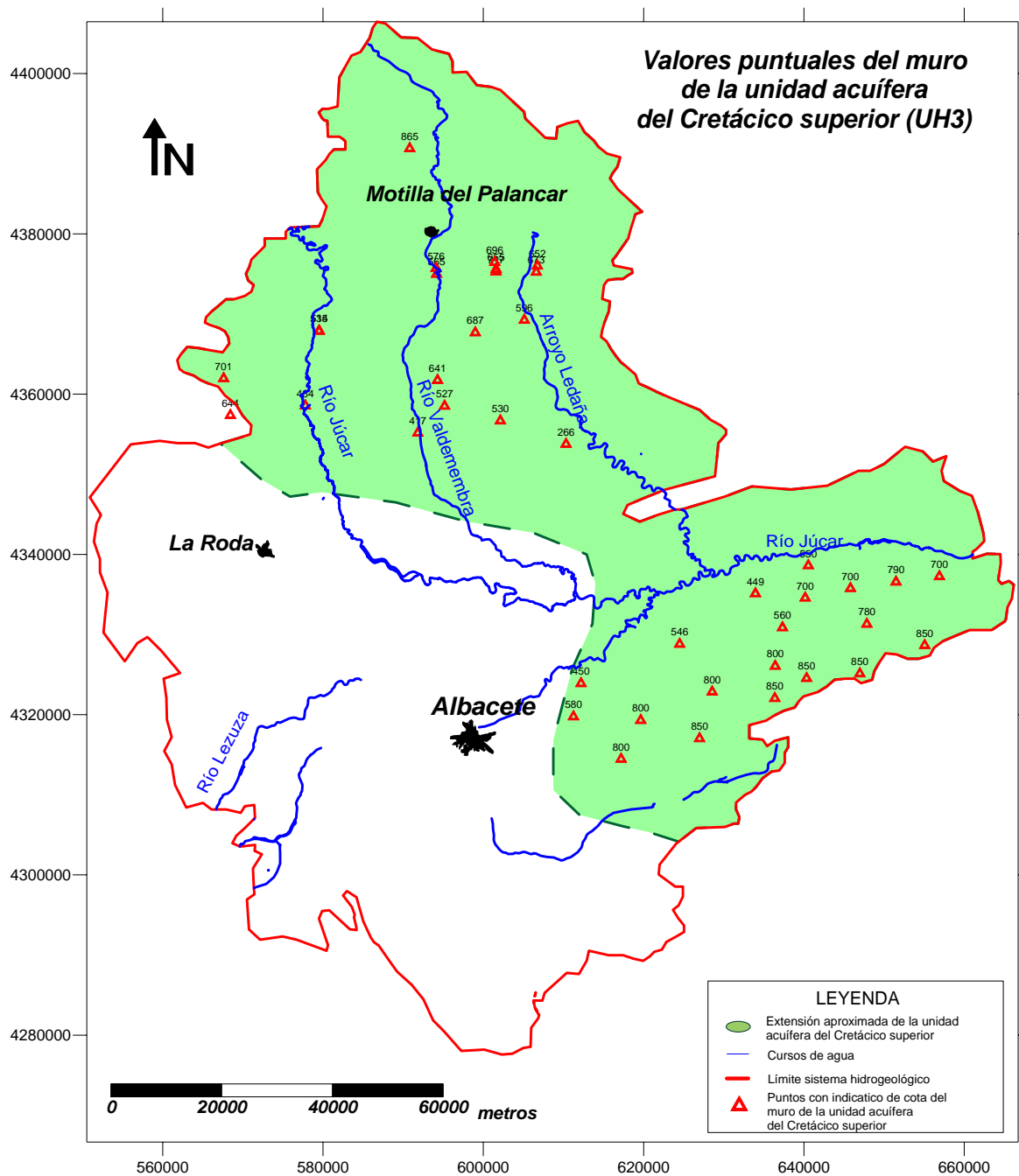
- Corte hidrogeológico 1-1´
- Corte hidrogeológico 2-2´
- Corte hidrogeológico 3-3´
- Corte hidrogeológico 4-4´
- Corte hidrogeológico 5-5´
- Corte hidrogeológico 6-6´
- Corte hidrogeológico 7-7´
- Corte hidrogeológico 8-8´
- Corte hidrogeológico 9-9´
- Corte hidrogeológico 10-10´
- Corte hidrogeológico Traza acueducto Tajo-Segura. (ATS)
- Corte hidrogeológico 12-12´



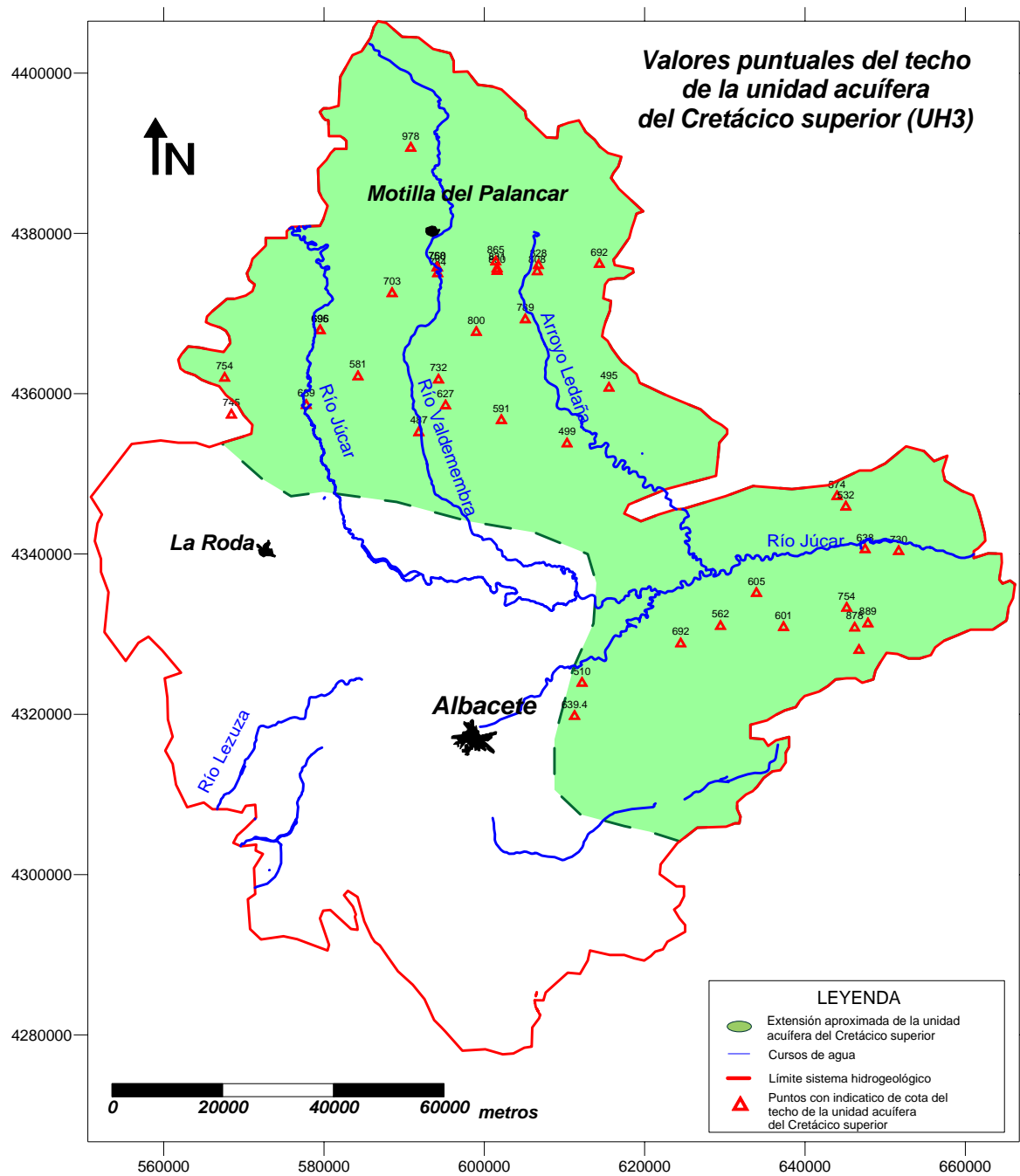


**Figura 4.9. Plano de situación de las columnas litológicas de los sondeos con valores del techo de la unidad hidrogeológica 7 (UH7), acuífero del Jurásico medio.**

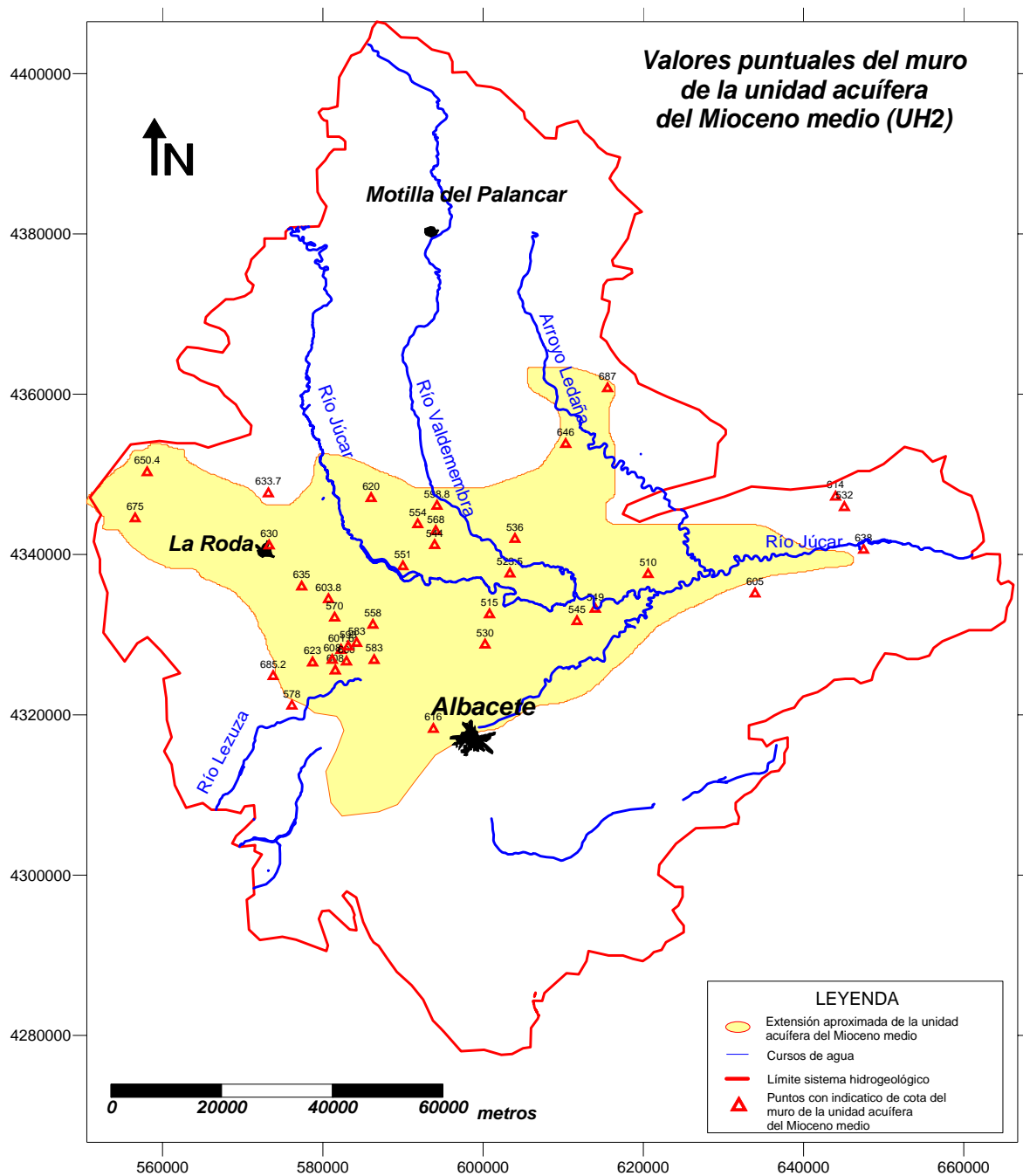




**Figura 4.10. Plano de situación de las columnas litológicas de los sondeos con valores del muro de la unidad hidrogeológica 3 (UH3), acuífero del Cretácico superior.**



**Figura 4.11. Plano de situación de las columnas litológicas de los sondeos con valores del techo de la unidad hidrogeológica 3 (UH3), acuífero del Cretácico superior.**



**Figura. 4.12. Plano de situación de las columnas litológicas de los sondeos con valores del muro de la unidad hidrogeológica 2 (UH2), acuífero del Mioceno medio (UH2).**

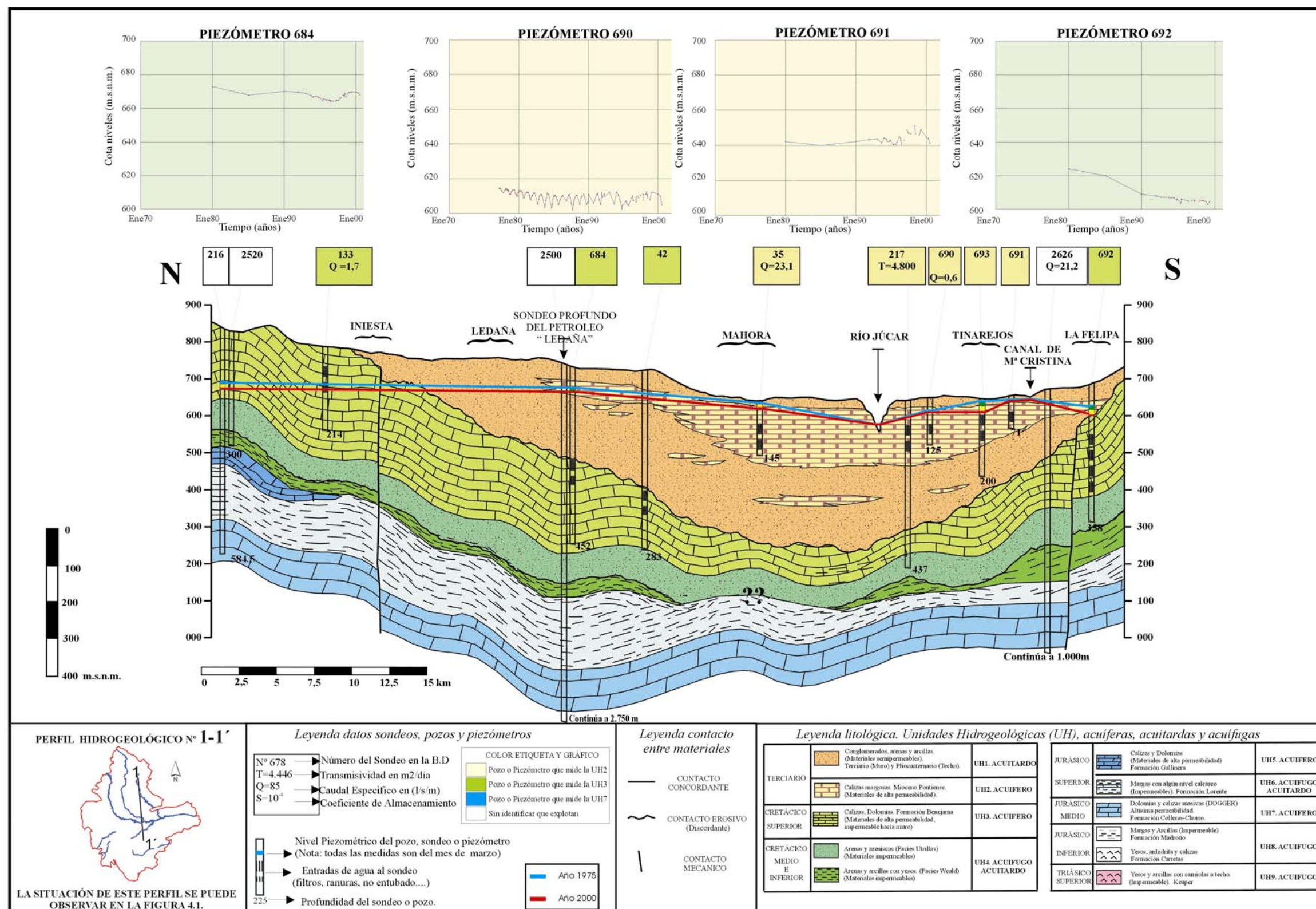


**Figura 4.13. Plano de situación de las columnas litológicas de los sondeos con valores del techo de la unidad hidrogeológica 2 (UH2), acuífero del Mioceno medio (UH2).**

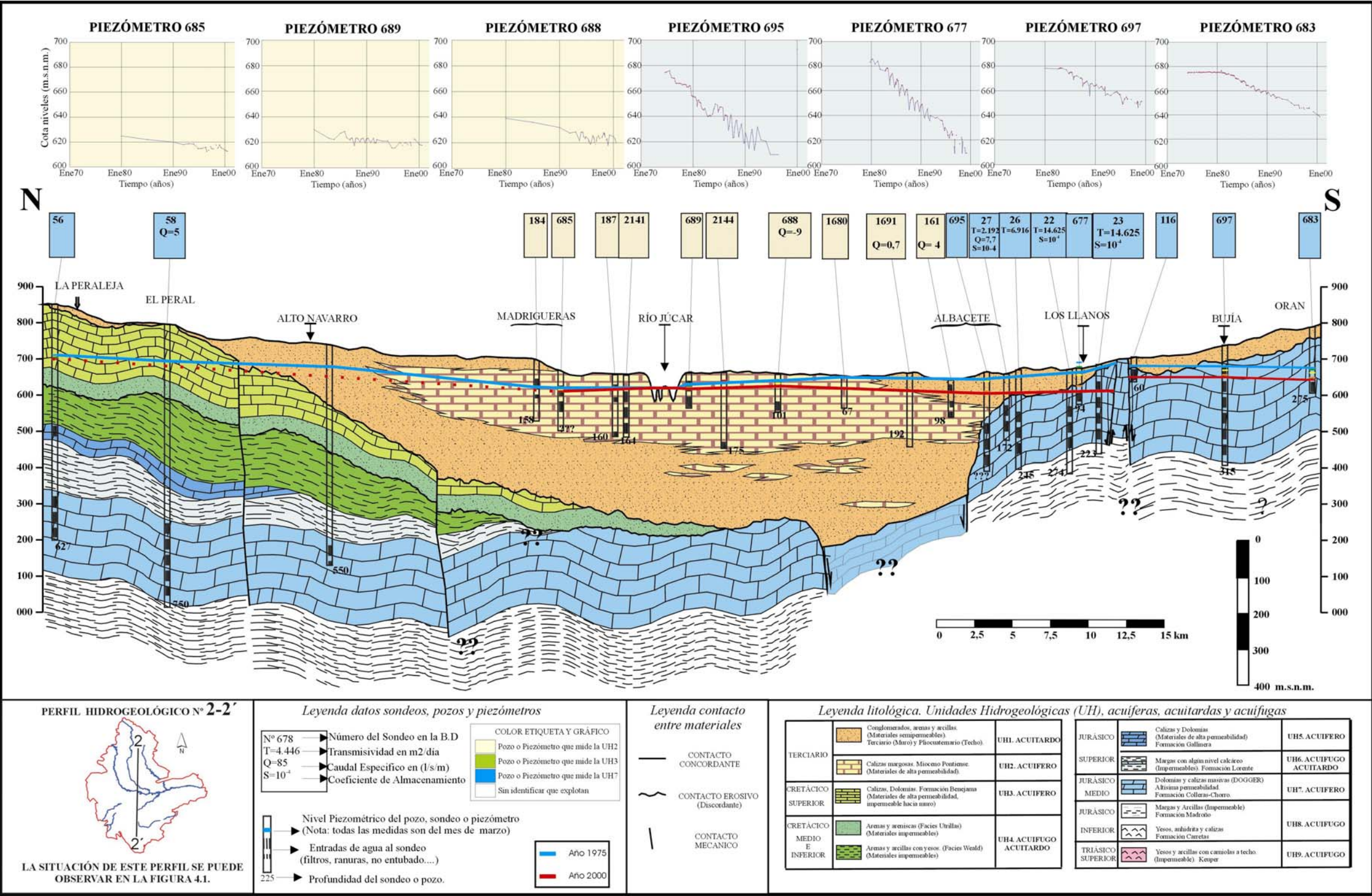
## **CORTES HIDROGEOLÓGICOS**

---

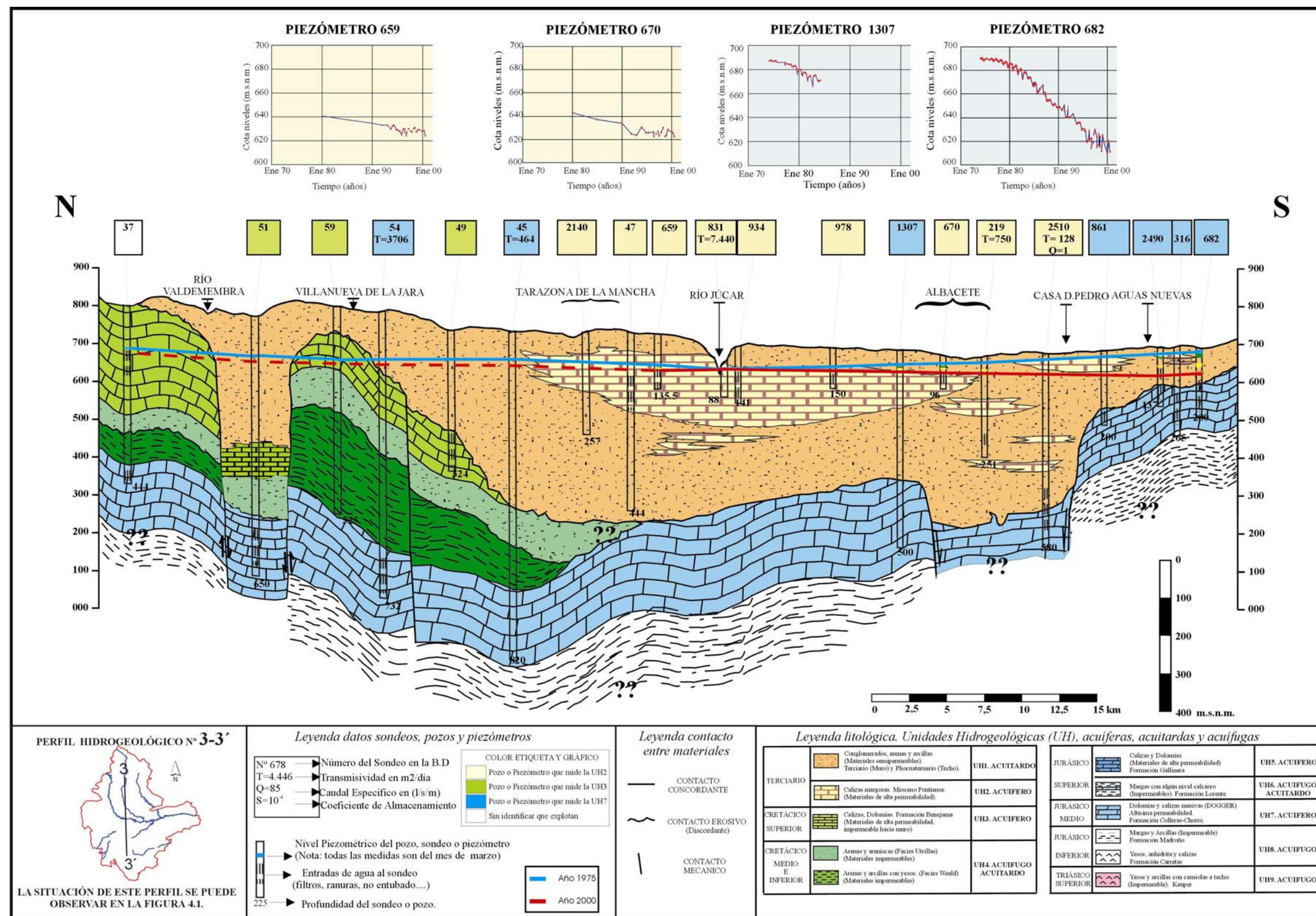




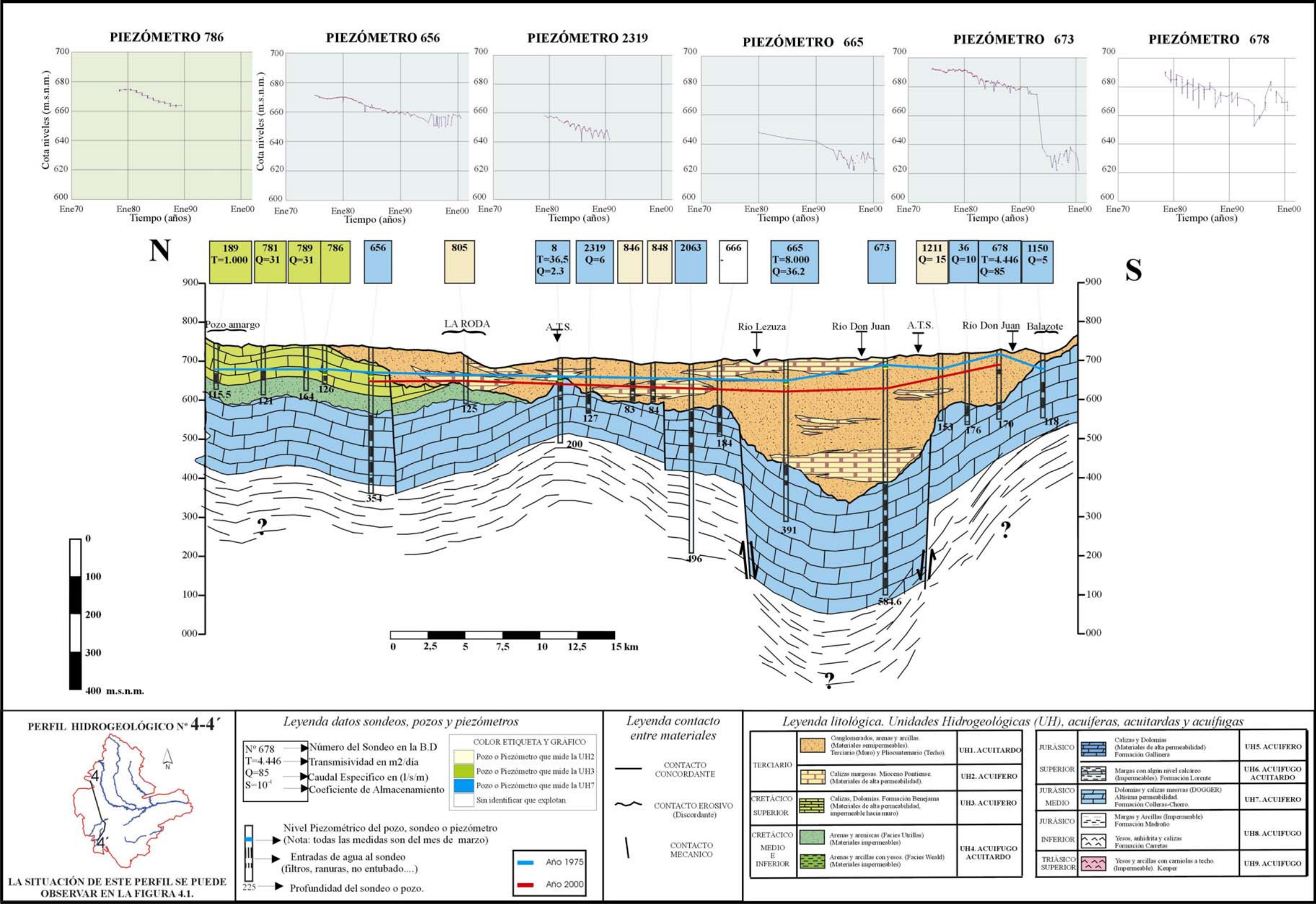


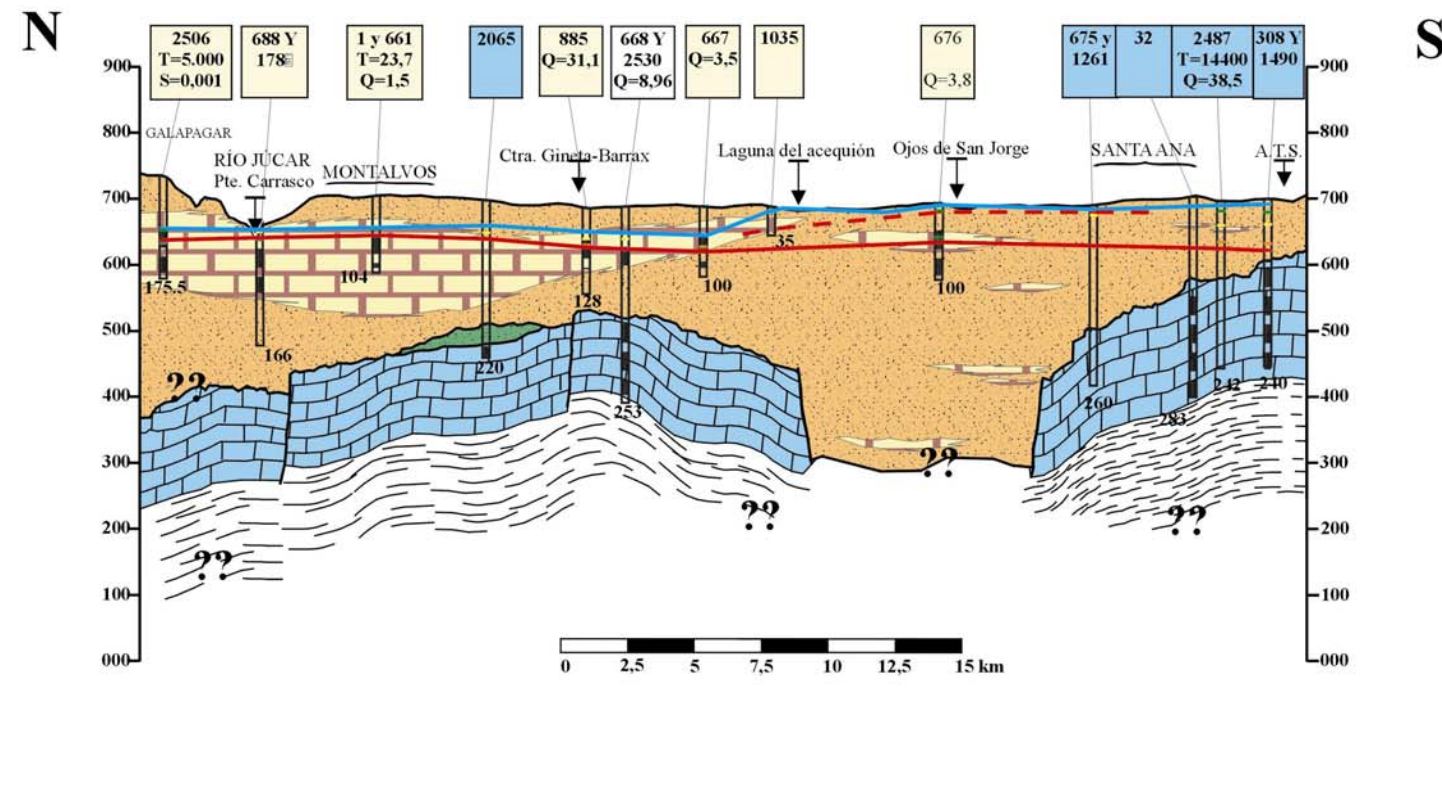
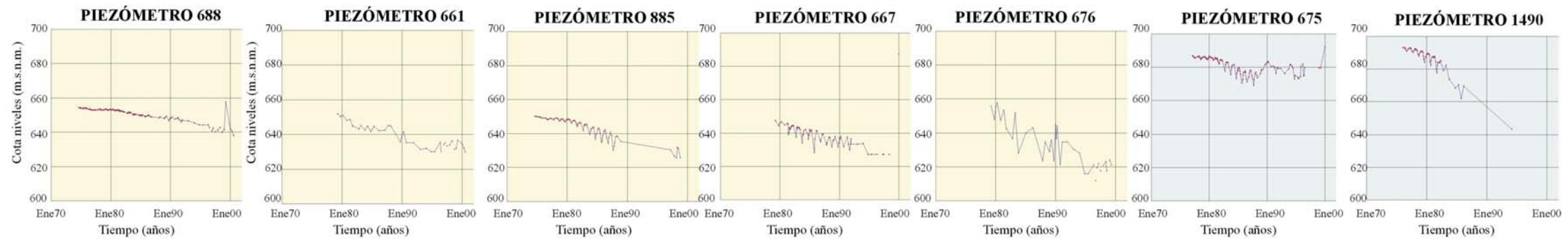




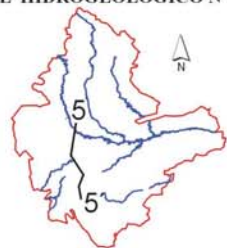








PERFIL HIDROGEOLÓGICO N° 5-5'



LA SITUACIÓN DE ESTE PERFIL SE PUEDE OBSERVAR EN LA FIGURA 4.1.

Leyenda datos sondeos, pozos y piezómetros

N° 678	► Número del Sondeo en la B.D
T=4,446	► Transmisividad en m <sup>2</sup> /día
Q=85	► Caudal Específico en (l/s/m)
S=10 <sup>-4</sup>	► Coeficiente de Almacenamiento

	► Nivel Piezométrico del pozo, sondeo o piezómetro (Nota: todas las medidas son del mes de marzo)
	► Entradas de agua al sondeo (filtros, ranuras, no entubado....)
	► Profundidad del sondeo o pozo.

	► Pozo o Piezómetro que mide la UH2
	► Pozo o Piezómetro que mide la UH3
	► Pozo o Piezómetro que mide la UH7
	► Sin identificar que explotan

	► Año 1975
	► Año 2000

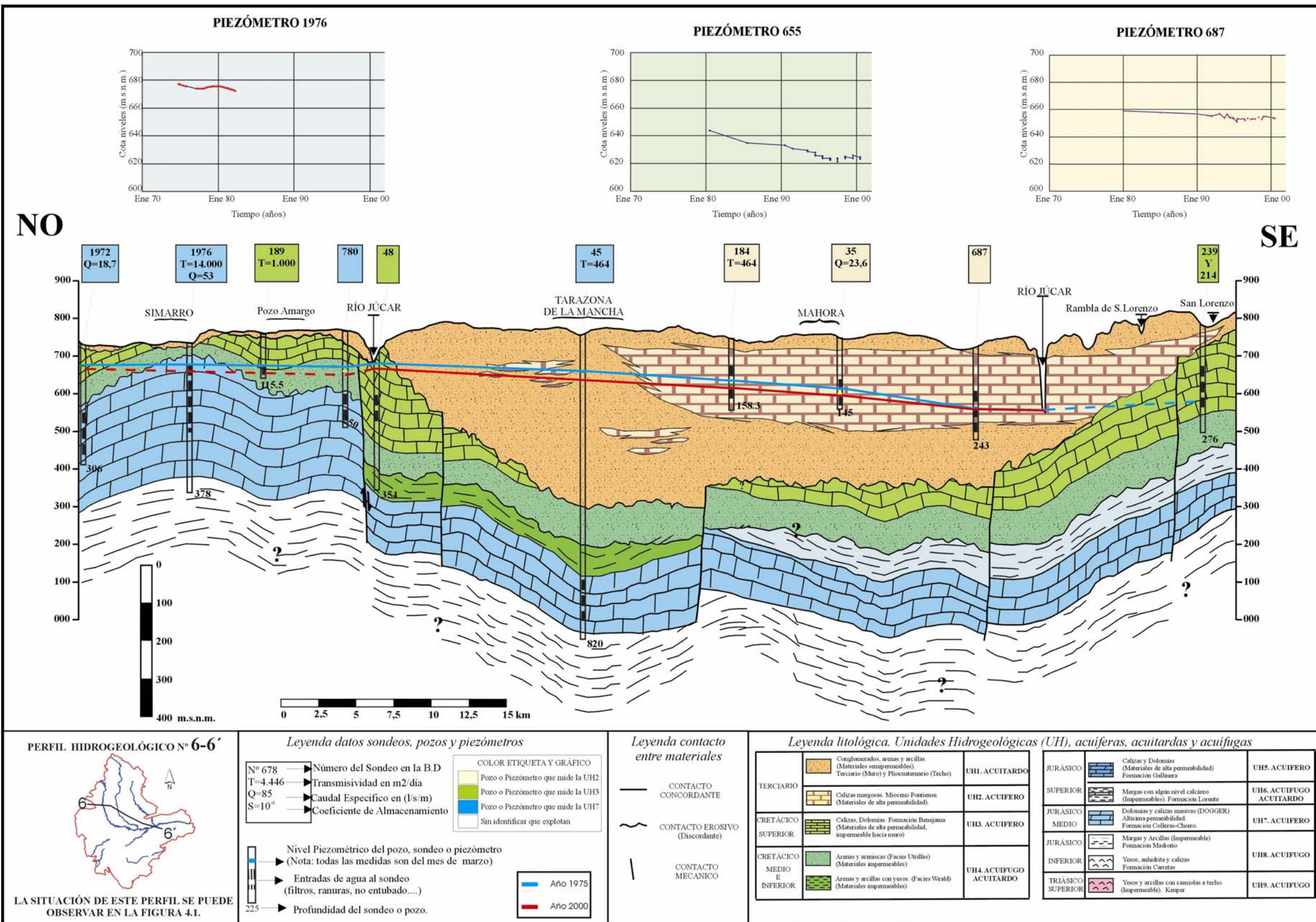
Leyenda contacto entre materiales

	CONTACTO CONCORDANTE
	CONTACTO EROSIVO (Discordante)
	CONTACTO MECÁNICO

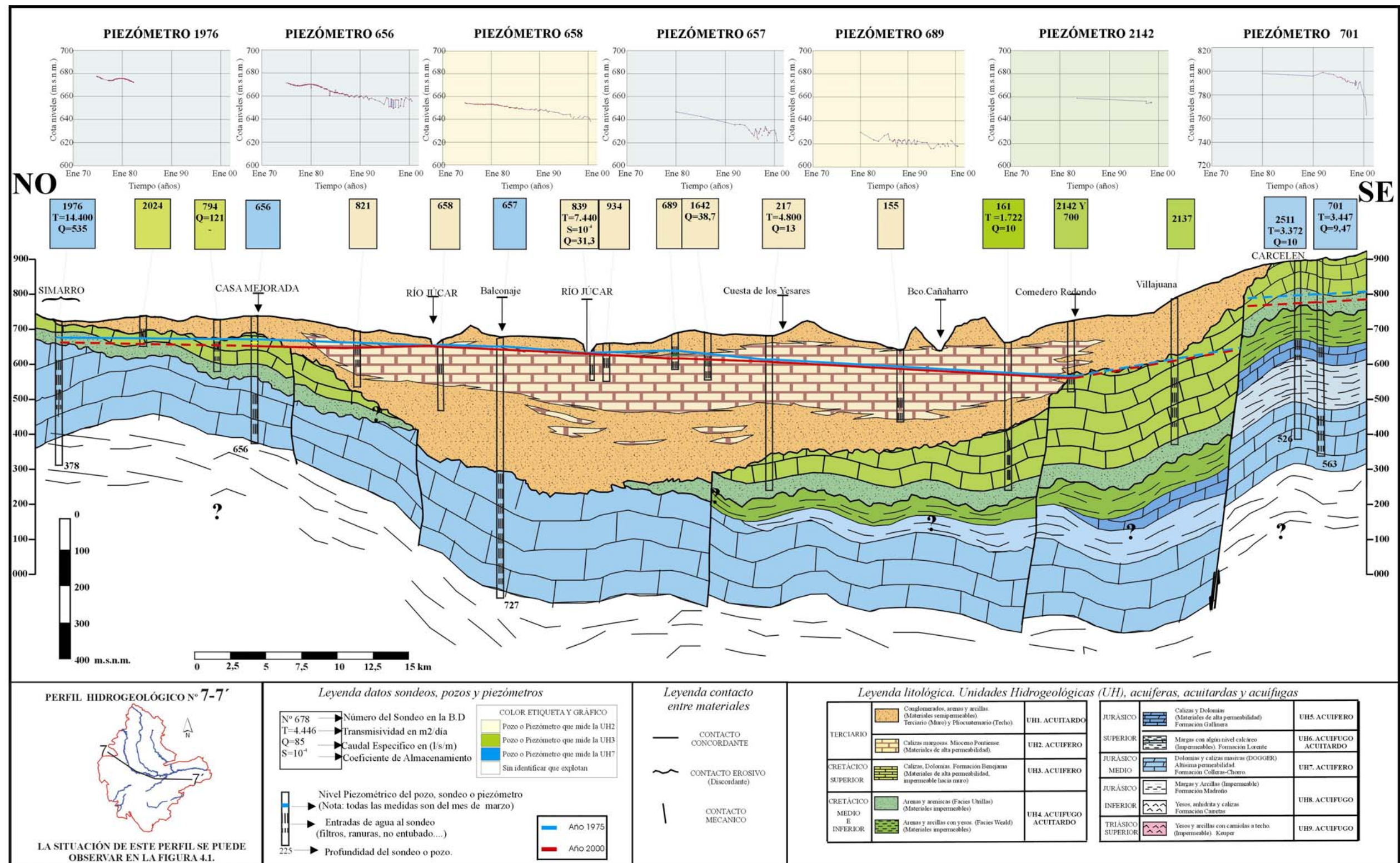
Leyenda litológica. Unidades Hidrogeológicas (UH), acuíferas, acuitardas y acuífugas

TERCIARIO	Conglomerados, arenas y arcillas. (Materiales semipermeables). Terciario (Muro) y Pliocuatenario (Techo).	UH1. ACUITARDO
CRETÁCICO SUPERIOR	Calizas margosas. Mioceno Pontense. (Materiales de alta permeabilidad).	UH2. ACUIFERO
CRETÁCICO MEDIO E INFERIOR	Calizas, Dolomías. Formación Barejana. (Materiales de alta permeabilidad, impermeable hacia muro).	UH3. ACUIFERO
	Arenas y areniscas (Facies Utrillas). (Materiales impermeables).	UH4. ACUIFUGO ACUITARDO
	Arenas y arcillas con yesos. (Facies Weald). (Materiales impermeables).	
JURÁSICO SUPERIOR	Calizas y Dolomías. (Materiales de alta permeabilidad). Formación Gallinera.	UH5. ACUIFERO
JURÁSICO MEDIO	Margas con algún nivel calcáreo (impermeables). Formación Loranite.	UH6. ACUIFUGO ACUITARDO
JURÁSICO INFERIOR	Dolomías y calizas masivas (DOGGER). Alta permeabilidad. Formación Colleras-Chorro.	UH7. ACUIFERO
TRIÁSICO SUPERIOR	Margas y Arcillas (impermeable). Formación Madroño.	UH8. ACUIFUGO
	Yesos, anhidrita y calizas. Formación Carretas.	
	Yesos y arcillas con camisas a techo (impermeable). Keuper.	UH9. ACUIFUGO

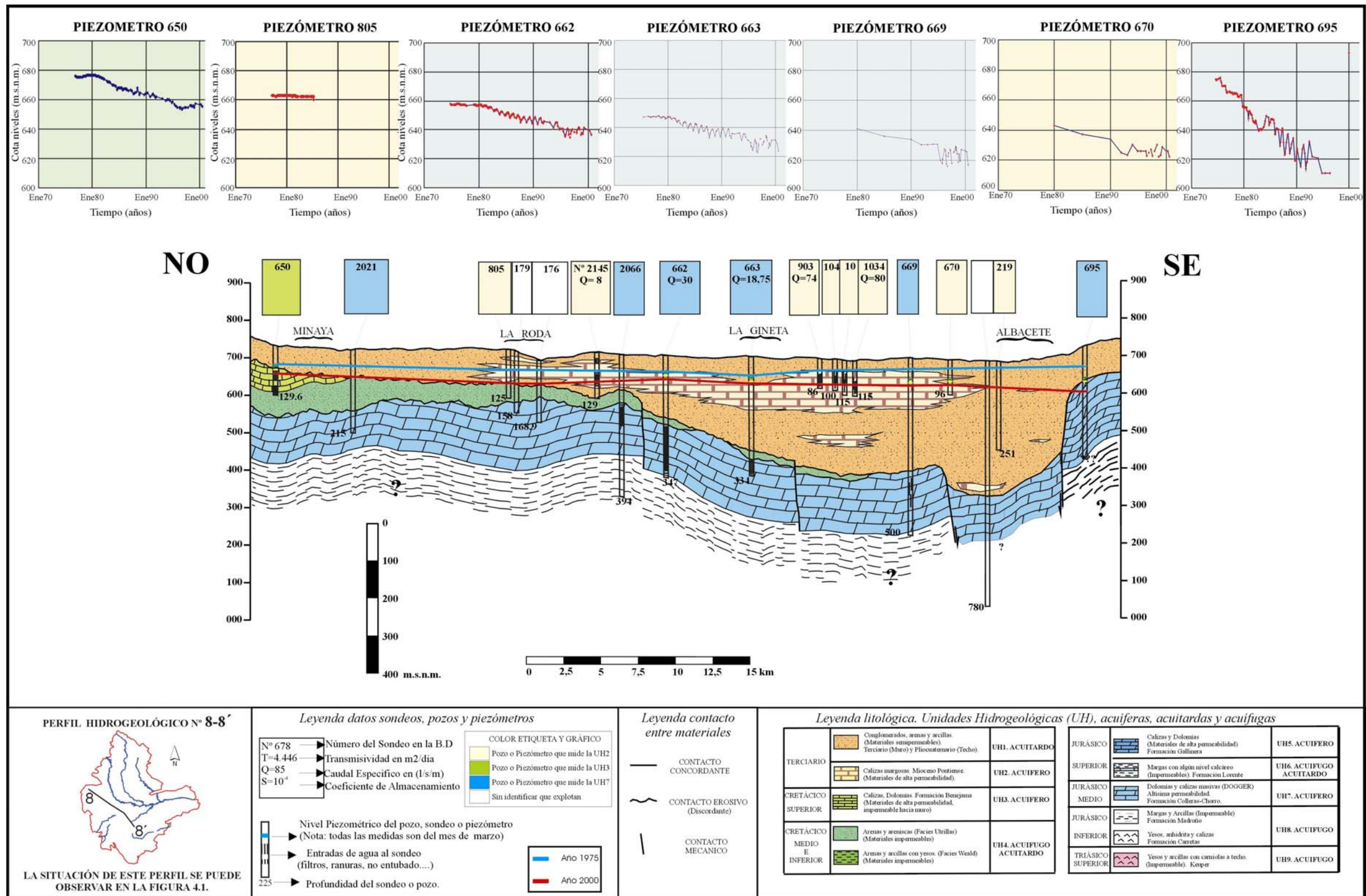




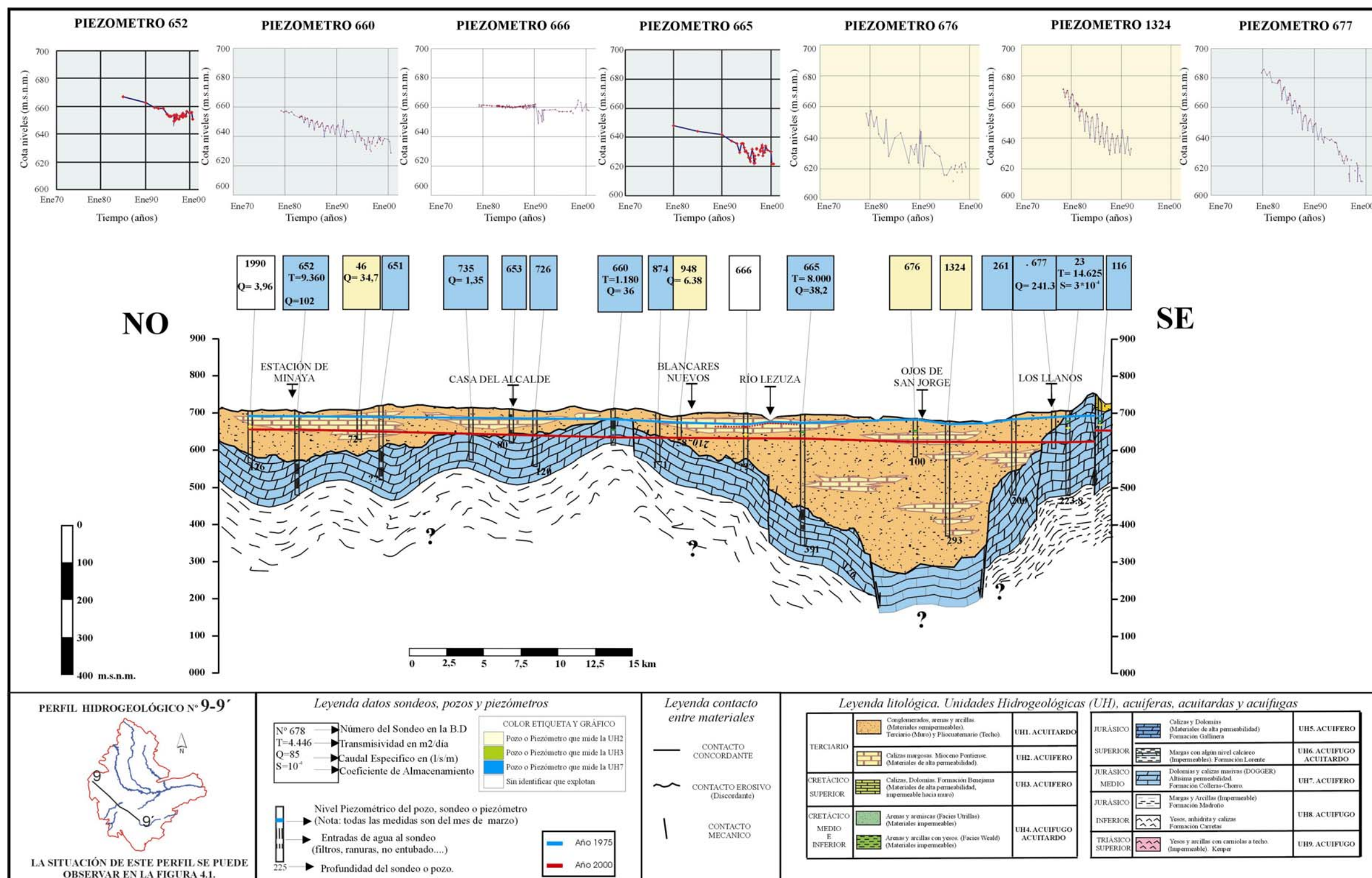




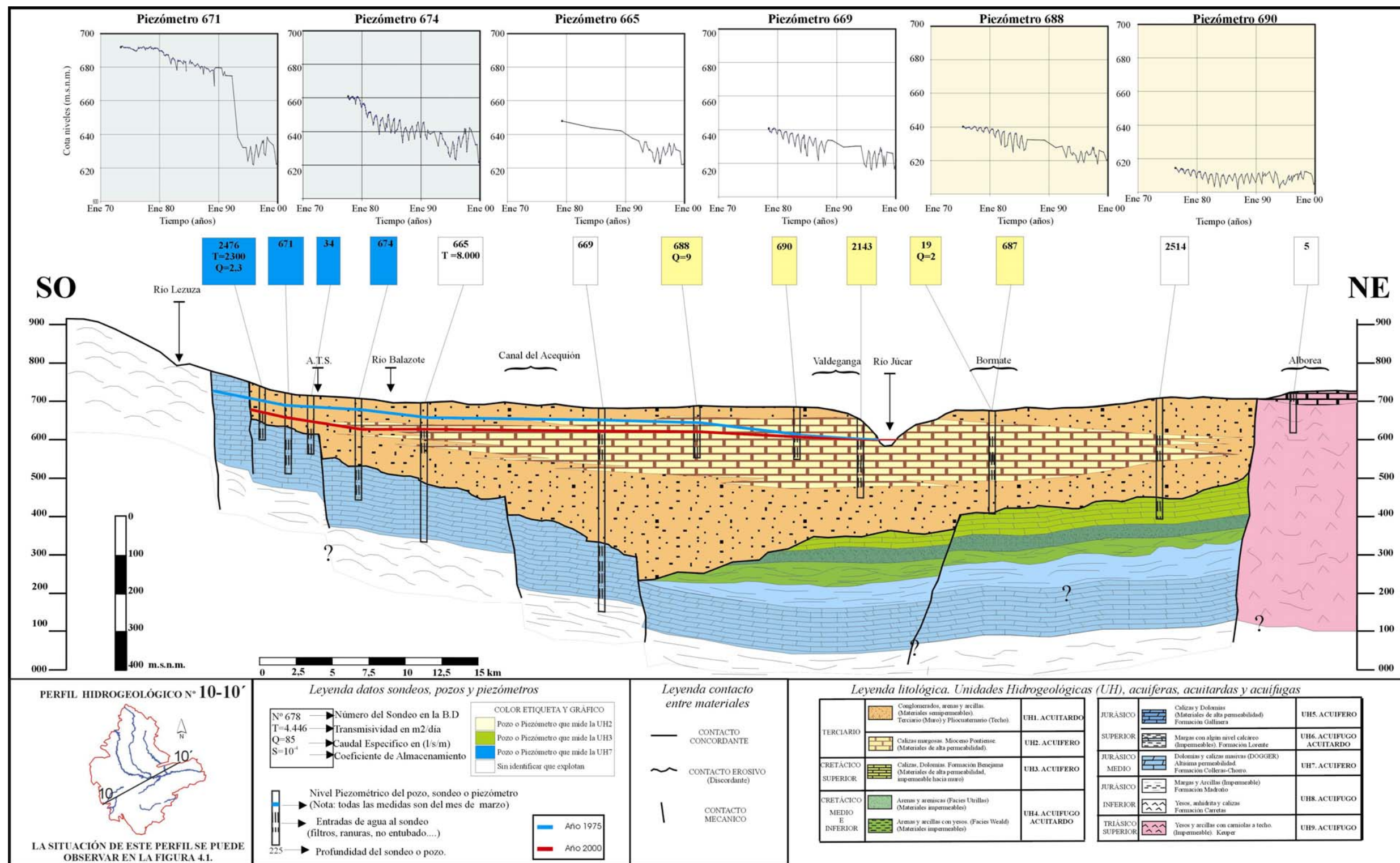




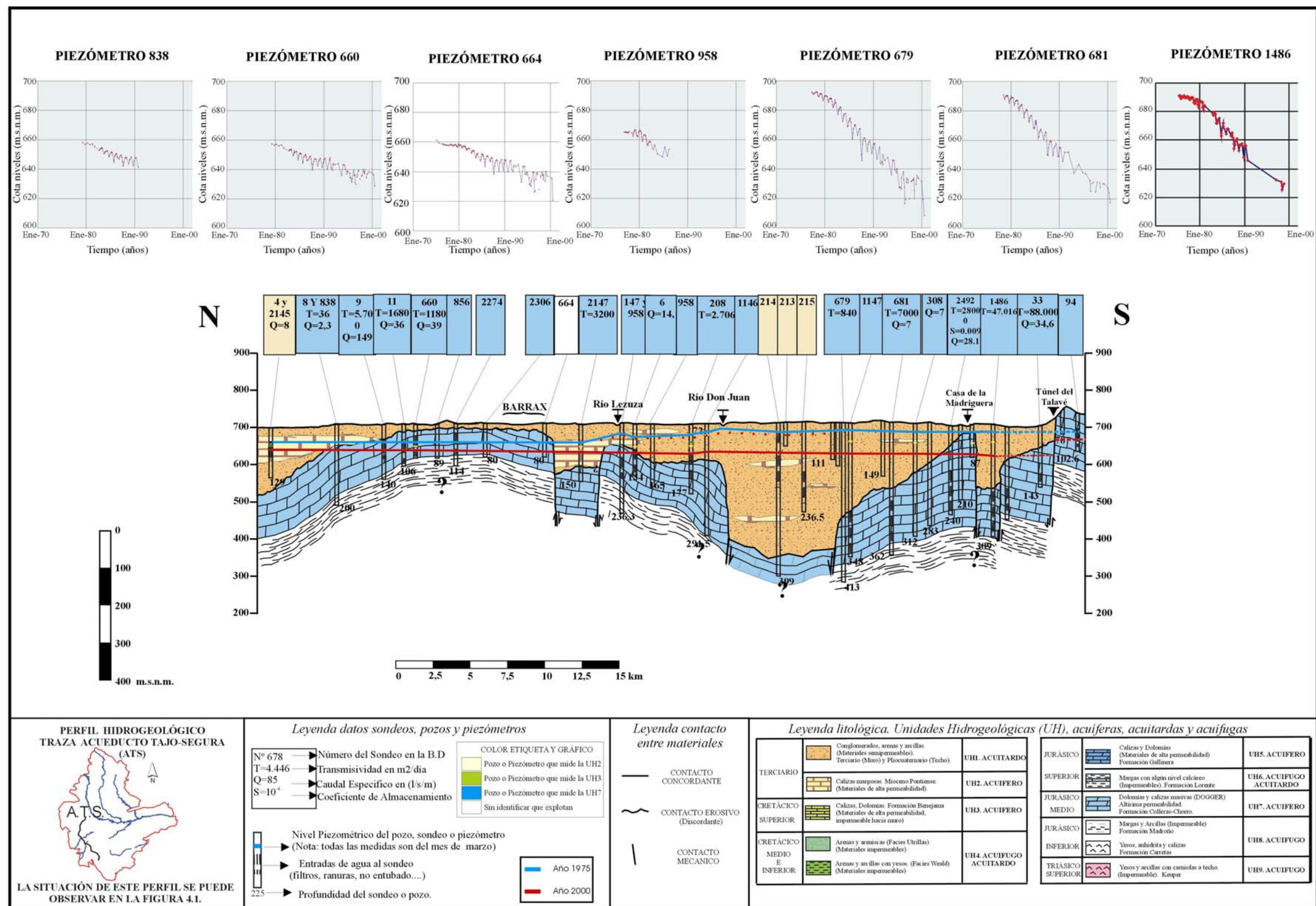


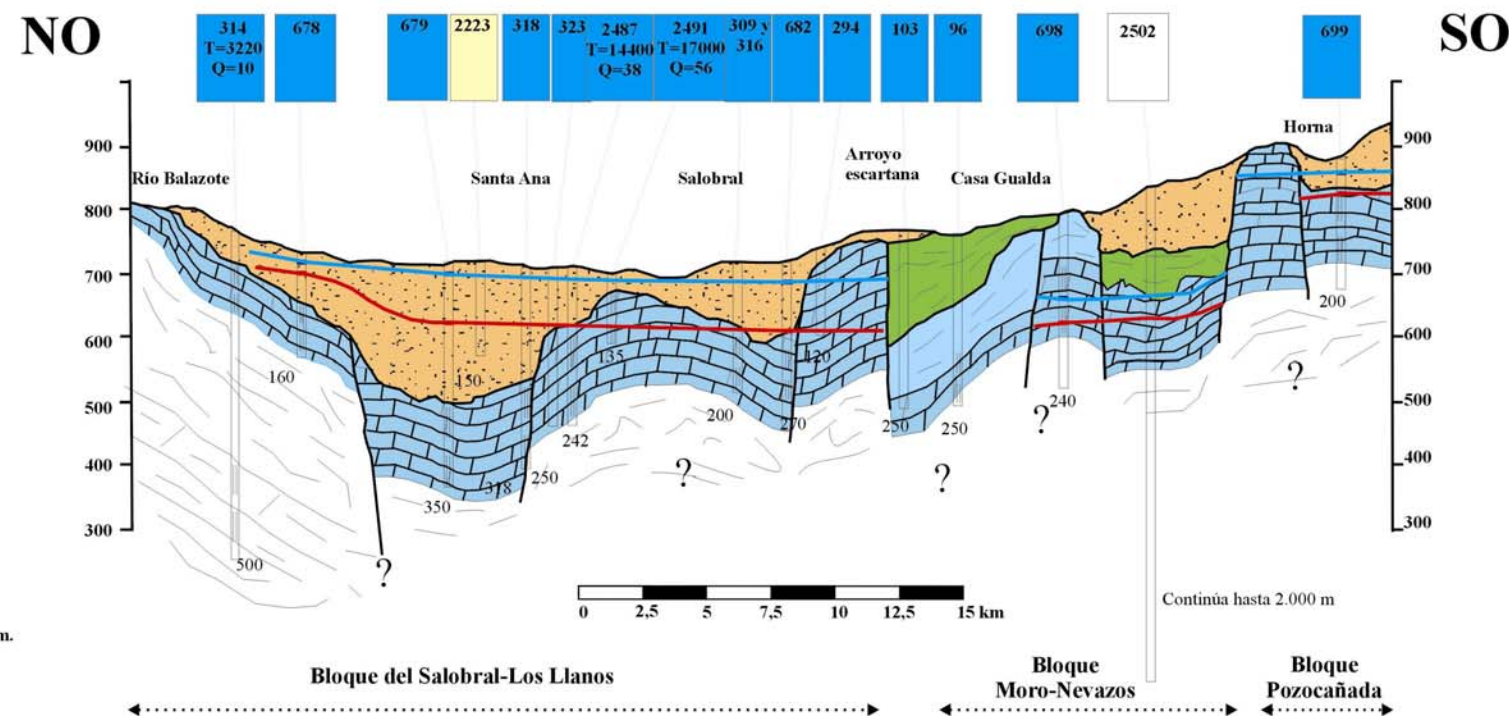
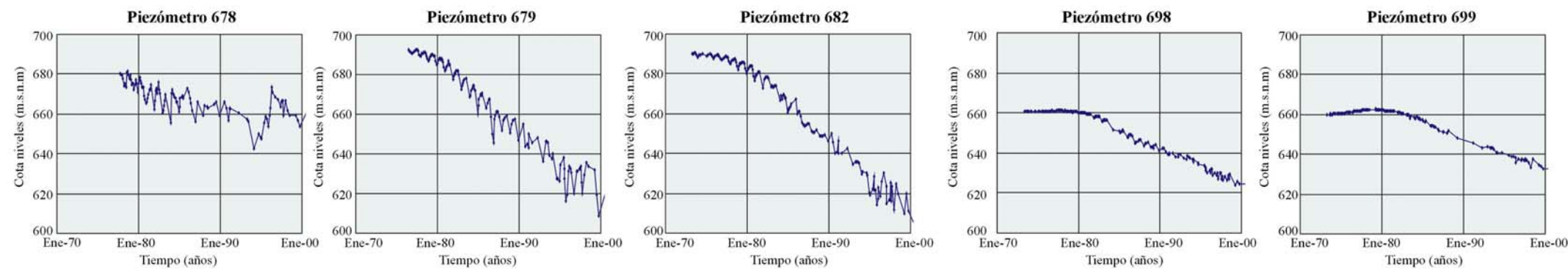








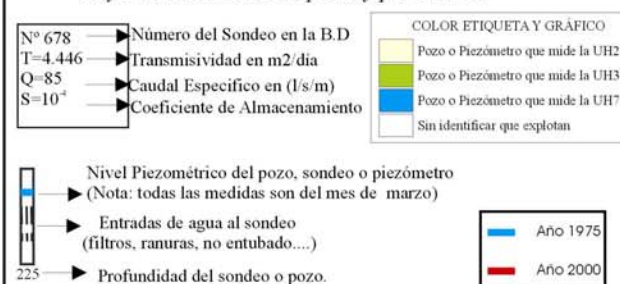




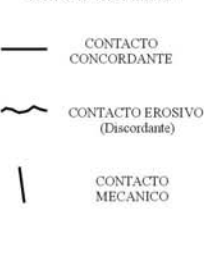
PERFIL HIDROGEOLÓGICO N° 12-12'



Leyenda datos sondeos, pozos y piezómetros



Leyenda contacto entre materiales



Leyenda litológica. Unidades Hidrogeológicas (UH), acuíferas, acuitardas y acuífugas

TERCIARIO		UH1. ACUITARDO
CRETÁCICO SUPERIOR	Conglomerados, arenas y arcillas (Materiales semipermeables). Terciario (Muro) y Pliocenozoario (Techo).	UH2. ACUIFERO
	Calizas margosas. Mioceno Pontense. (Materiales de alta permeabilidad).	UH3. ACUIFERO
CRETÁCICO MEDIO E INFERIOR	Calizas, Dolomías. Formación Besejana (Materiales de alta permeabilidad, impermeable hacia nro).	UH4. ACUIFUGO ACUITARDO
JURÁSICO SUPERIOR	Calizas y Dolomías (Materiales de alta permeabilidad). Formación Gullinera.	UH5. ACUIFERO
JURÁSICO MEDIO	Margas con algún nivel calcáreo (Impermeables). Formación Lorente.	UH6. ACUIFUGO ACUITARDO
JURÁSICO INFERIOR	Dolomías y calizas masivas (DOGGER). Altísima permeabilidad. Formación Colleras-Chorro.	UH7. ACUIFERO
TRIÁSICO SUPERIOR	Margas y Arcillas (Impermeable). Formación Madroño.	UH8. ACUIFUGO
	Yesos, anhidrita y calizas. Formación Casetas.	UH9. ACUIFUGO
	Yesos y arcillas con canchales a techo. (Impermeable). Keuper.	



## **ANEXO V. ENSAYOS DE BOMBEO**

---



## ÍNDICE

### 1.Introducción

### 2.Zona de Ensayo 1

#### 2.1. Introducción

#### 2.2. Evolución del ensayo

2.2.1. Ensayo de bombeo 1: Pozo de bombeo (Haza del Espino), Pozo de Observación (Banco Oeste)

2.2.2. Ensayo de bombeo 2: Pozo de bombeo (Banco Oeste), Pozo de Observación (Haza del Espino)

2.2.3. Ensayo de bombeo 3: Pozo de bombeo (Fernando Poo), Pozo de Observación (Haza del Espino)

#### 2.3. Discusión

2.4. Columnas litológicas de los sondeos y características técnicas de la perforación.

2.5. Estadillos de campo y gráficas descenso-tiempo

### 3. Zona de Ensayo 2

#### 3.1. Introducción

#### 3.2. Evolución del ensayo

#### 3.3. Discusión

3.4. Estadillos de campo y gráficas descenso-tiempo

### 4. Zona de Ensayo 3

#### 4.1. Introducción

#### 4.2. Evolución del ensayo

#### 4.3. Discusión

4.4. Columnas litológicas de los sondeos y características técnicas de la perforación.

4.5. Estadillos de campo y gráficas descenso-tiempo

### 5. Zona de Ensayo 4

#### 5.1. Introducción

#### 5.2. Evolución del ensayo

#### 5.3. Discusión

5.4. Estadillos de campo y gráficas descenso-tiempo

## **1. Introducción.**

La obtención de los valores de transmisividad (T) y coeficiente de almacenamiento (S) de un acuífero se realiza a partir de la ejecución de ensayos de bombeo. La interpretación de los ensayos de bombeo, en esencia, consiste en la obtención de soluciones particulares de la ecuación general del flujo subterráneo, una vez establecidas las condiciones de contorno correspondientes a cada caso. Se han utilizado para la interpretación de los ensayos de bombeo los métodos de Theis y Jacob para acuíferos en régimen variable, como es el caso y, para acuífero cautivo. En la zona de ensayo 1 se trata de un acuífero en estado libre, pero se utilizarán estos métodos sin necesidad de recurrir a la corrección de Dupuit ya que, los descensos nunca sobrepasaron el 15 % del espesor saturado del acuífero como apunta Villanueva Martínez y Iglesias López (1984).

Los puntos elegidos para los ensayos de bombeo dependían de la existencia de explotaciones y de la disponibilidad de los propietarios. A tal efecto, fue importante la colaboración de la Junta Central de Regantes de la Mancha Oriental.

En la Figura 5.1 se muestra la localización de las pruebas de bombeo, donde 5 de ellas no han podido ser interpretadas ya que durante todo el tiempo que duro la prueba el caudal bombeado no produjo descenso alguno, fenómeno que se explica por los enormes valores de almacenamiento que presenta el acuífero. Este es el caso de los ensayos de bombeo 5, 6, 7, 8 y 9.

A continuación, se pueden observar los resultados obtenidos en las pruebas de bombeo que se pudieron interpretar (1, 2, 3 y 4).

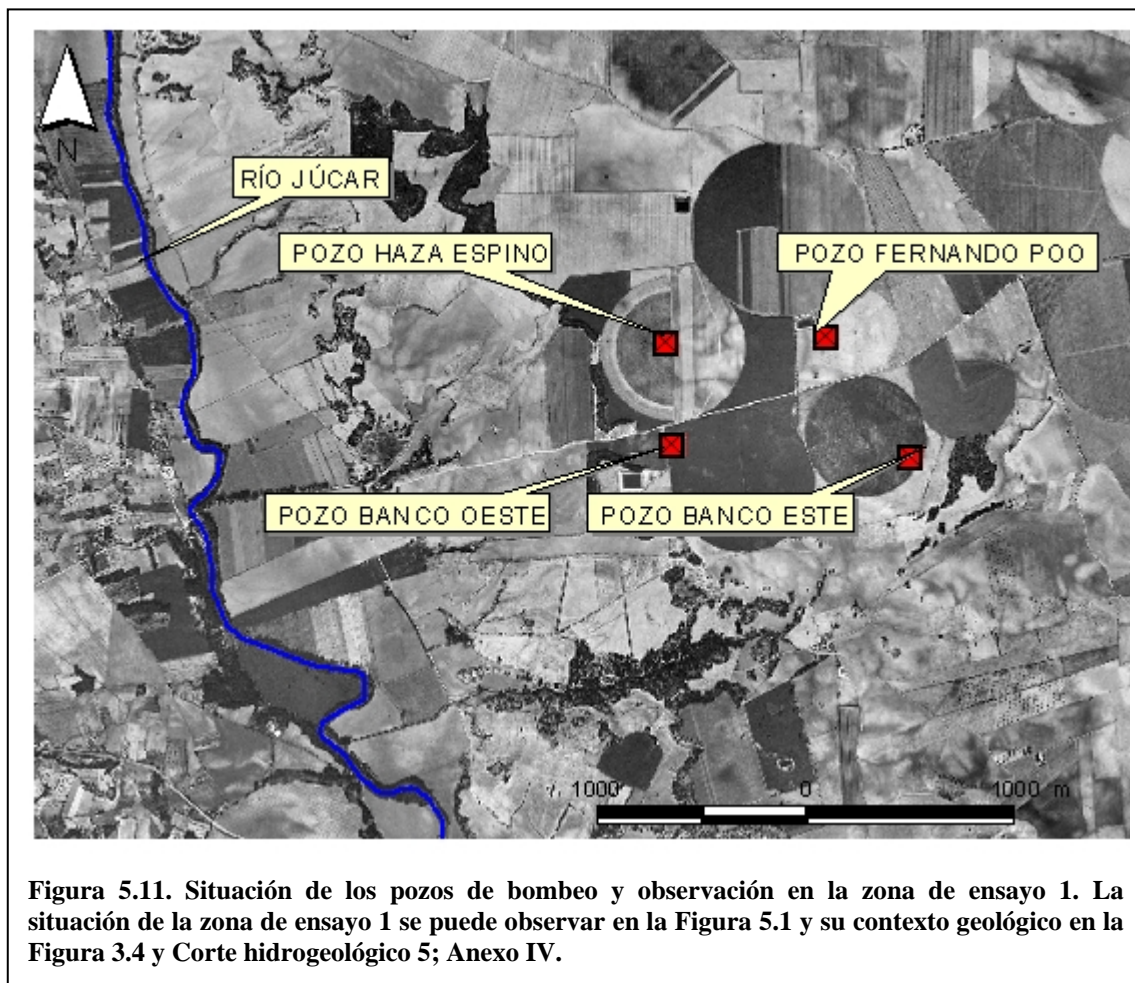


## 2. Zona de ensayo 1

### 2.1. Introducción

Las pruebas de bombeo se realizaron en la finca “El Galapagar”, ubicada en las cercanías de la localidad de Tarazona de la Mancha, a unos 500 m de la margen izquierda del río Júcar (hoja topográfica 1:50.000 número (742), Figura 5.1; Capítulo 5). En este paraje, donde se disponía de cuatro pozos de bombeo (Figura 5.11), se realizaron 3 ensayos de bombeo (1-Pozo Haza del Espino, 2-Banco Oeste y 3-Fernando Poo) alternando el pozo de medida y el de observación. Las características litológicas y constructivas de los pozos ensayados se muestran en el apdo. 2.4 de este anexo.

El objetivo principal de estas pruebas era determinar los valores puntuales interpretados de transmisividad y coeficiente de almacenamiento, y si estos valores eran representativos del medio heterogéneo donde se desarrollaron las pruebas.





Hidrogeológicamente, los pozos ensayados se sitúan sobre el recubrimiento terciario de la Mancha Oriental en el Dominio Hidrogeológico Central (DHC), explotando la Unidad Hidrogeológica del Mioceno medio (UH2) que se encuentra en estado libre. Está compuesto por unos 100 m de calizas lacustres con intercalaciones de arcillas y margas (ver Corte hidrogeológico 5; Anexo IV).

## 2.2. Evolución del ensayo

### 2.2.1. Ensayo de bombeo 1: Pozo de Bombeo (Haza del Espino), Pozo Observación (El Banco Oeste)

El ensayo de bombeo comenzó el día 30 de Abril de 2001 a las 9:40 horas. El nivel inicial del agua estaba a 86,33 m de profundidad (636,66 m.s.n.m). El pozo se puso a bombear extrayendo un caudal constante, a efectos prácticos, de 92 l/s.

El ensayo se da por finalizado a las siete horas de bombeo (30 de Abril de 2001 a las 16:40 horas), ya que la curva de descensos-tiempo parece seguir una tendencia bien definida. El nivel final del agua en el pozo se haya a una profundidad de 97,03 m (626,00 m.s.n.m.). A partir de la curva de descensos-tiempo se observan un valor de perdidas de carga de 9,70 m. El caudal específico del pozo, una vez eliminadas las perdidas de carga, es de 86 l/s con 1 metro de descenso (ver gráficas descensos-tiempo). Se efectúan las medidas de la recuperación durante 1 hora. Las tablas y gráficas descensos-tiempo junto con la interpretación obtenida de forma manual se pueden advertir en el apdo. 2.5 de este anexo. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 5.5.

THEIS				JACOB				RECUPERACIÓN	
<i>A mano</i>		<i>AQUIFER TEST</i>		<i>A mano</i>		<i>AQUIFER TEST</i>		<i>A mano</i>	<i>AQUIFER TEST</i>
T (m <sup>2</sup> /día)	S	T (m <sup>2</sup> /día)	S	T (m <sup>2</sup> /día)	S	T (m <sup>2</sup> /día)	S	T (m <sup>2</sup> /día)	T (m <sup>2</sup> /día)
				5.350					
7.400		7.000		7.600		5.350		8.180	8.000



POZO DE BOMBEO: HAZA DEL ESPINO



Pozo de Observación: BANCO OESTE

**Tabla 5.5. Resultados obtenidos en la prueba 1 de la zona de ensayo 1.**

2.2.2. Ensayo de bombeo 2: Pozo de Bombeo (El Banco Oeste), Pozo Observación (Haza del Espino)

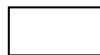
El ensayo de bombeo se inició el día 2 de Junio de 2001 a las 8:50 horas. El nivel inicial del agua se situaba a 89,60 m. de profundidad (631,4 m.s.n.m.). El pozo de bombeo había estado funcionando la noche anterior, por lo que el tiempo de recuperación fue escaso; no obstante, el ensayo se realizó y se obtuvieron datos de transmisividad y coeficiente de almacenamiento.

El pozo se puso a bombear extrayendo un caudal constante con ligeras e inapreciables variaciones de 97,08 l/s. El pozo de observación se vio afectado por el bombeo pero los descensos del nivel del agua eran tan pequeños que fue imposible obtener los parámetros hidráulicos. El ensayo se da por finalizado a las seis horas de bombeo (2 de Junio de 2001 a las 14:50 horas) ya que la curva de descensos-tiempo parece seguir una tendencia bien definida. La profundidad del nivel final del agua en el pozo es 97,39 m (623,60 m.s.n.m.).

A partir de la curva de descensos-tiempo (ver apdo.2.5 de este anexo), se observan unos valores de perdidas de carga de 6,10 m obtenidas de la diferencia existente entre el descenso real y el teórico del nivel del agua en el pozo. El caudal específico del pozo, una vez eliminadas las perdidas de carga, es de 57 l/s por 1 metro de descenso.

No se efectúan en este ensayo las medidas de la recuperación debido a que la bomba tenía que seguir funcionando. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 5.6.

<b>JACOB</b>	<b>RECUPERACIÓN</b>
<i>A mano</i>	<i>A mano</i>
T (m <sup>2</sup> /día)	T (m <sup>2</sup> /día)
1.000	



POZO DE BOMBEO: BANCO OESTE

**Tabla 5.6. Resultados obtenidos en la prueba 2 de la zona de ensayo número 1.**

### 2.2.3. Ensayo de bombeo 3: Pozo de Bombeo (Fernando Poo), Pozo Observación (Haza del Espino)

El ensayo tuvo lugar el día 12 de Junio de 2001 a las 16:31 horas. El nivel inicial del agua se localizaba a 91,90 m. de profundidad (631,1 m.s.n.m.). El pozo comenzó a bombear extrayendo un caudal de 90 l/s. Como se puede observar en las gráficas descensos-tiempo, durante el primer minuto se produce un descenso de 5,2 m debido a las pérdidas de carga del pozo.

A la hora y media del ensayo se vigila el caudal y se observa que ha disminuido a 87-88 l/s. A las 3 horas la disminución alcanza los 86 l/s a y a las 5 horas, los 84 l/s. Esta disminución de caudal se produce sin que los descensos hayan sido demasiado fuertes para que afecten a la bomba. Esto indica que la continua disminución de caudal, sin que varíen la tensión ni la potencia suministrada, es consecuencia de las características constructivas de la perforación y de los posibles arrastres de arenas desde el acuífero a la zona de admisión del pozo.

El pozo de observación no se ve afectado por el bombeo durante toda la prueba. El ensayo se da por finalizado a las seis horas de bombeo (12 de junio de 2001 a las 22:30 horas). El nivel final del agua en el pozo es 98,30 m. de profundidad (616,40 m.s.n.m.). El caudal específico del pozo, una vez eliminadas las pérdidas de carga, es de 45 l/s por 1 metro de descenso. Se efectúa las medidas de la recuperación durante 50 minutos donde recobra casi todos los descensos. Se da por finalizada la prueba a las 23:20 horas.

Las tablas y las gráficas descensos-tiempo obtenidas de forma manual se pueden observar al final del apartado 2.5 de este anexo. Debido a la parada de la bomba durante unos minutos, únicamente se ha podido realizar la interpretación manualmente según el método de JACOB. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 5.7.

THEIS	JACOB	
<i>A mano</i>	<i>A mano</i>	<i>Recuperación</i>
T (m <sup>2</sup> /día)	T (m <sup>2</sup> /día)	T (m <sup>2</sup> /día)
1.500	2.500	3.200



POZO DE BOMBEO: FERNANDO POO

**Tabla 5.7. Resultados obtenidos en la prueba 3 de la zona de ensayo número 1**

### 2.3. Discusión

De los resultados obtenidos durante la ejecución de los ensayos de bombeo en la finca del Galapagar se derivan las siguientes conclusiones:

En el ensayo de bombeo realizado en el pozo Haza del Espino se obtienen unos valores de transmisividad de 7.000 m<sup>2</sup>/día mientras que, en los ensayos realizados en el Banco Oeste y Fernando Poo se consiguen unos valores de 1.000 y 2.500 m<sup>2</sup>/día, respectivamente. Además, cabe destacar que en el año 1973 se realizó una prueba de

bombeo en el pozo Banco Este de la cual se dedujeron valores de transmisividad de unos 840 m<sup>2</sup>/día.

Estas variaciones de transmisividad, obtenidas en las pruebas de bombeo realizadas en la misma zona, están relacionadas con el carácter multicapa de este acuífero (ver Corte hidrogeológico 5 del Anexo IV). Además, en los pozos donde se obtienen valores inferiores de transmisividad se observa que a partir de la curva descensos-tiempo la nube de puntos tiene dos alineaciones, estando estas alineaciones separadas por lo que sugiere un tramo de realimentación procedente de las arenas suprayacentes y/o el río Júcar (ver gráficas del pozo de bombeo Banco Oeste). Asimismo, la puesta en marcha de las explotaciones (más de 20 años) ha ido desarrollando el acuífero, pudiéndose alcanzar en la actualidad mayores valores de transmisividad.

A partir de los datos anteriores se puede concluir que, cuando en una prueba de bombeo de larga duración existen varios puntos de observación, la transmisividad deducida por el método de Jacob tiende a ser parecida (dentro del mismo orden de magnitud) para todos los puntos de observación, y dicha transmisividad bajo circunstancias generales es igual a la que controla el flujo natural bajo condiciones de gradiente uniforme, como apunta Sánchez-Vila *et al* (2000).

Sin embargo, los valores de coeficiente de almacenamiento obtenidos varían de manera relevante de unos pozos a otros, encontrándose en un rango de  $10^{-3}$  y  $10^{-5}$  (ver gráficas pozos de observación; apdo. 2.5). Este hecho es debido principalmente a las características litológicas del acuífero (alternancia de calizas y arcillas, estas últimas impermeables), que pueden llegar a impedir la correcta conexión hidráulica entre los pozos de bombeo. Por tanto, el coeficiente de almacenamiento estimado mediante el método de Jacob refleja sólo el grado de conexión hidráulica entre los puntos de bombeo y de observación, y sólo parcialmente el verdadero valor de S en el acuífero, lo que confirma la teoría de Sánchez-Vila *et al* (2000).

#### 2.4. Columnas litológicas de los sondeos y características técnicas de la perforación

##### ***Pozo EL BANCO (Este)***

0-21	arcillas
21-25	arenas
25-60	arcillas arenosas
60-65	calizas arcillosas
65-70	calizas
70-80	alternancias de arcillas y calizas
80-85	arcillas
85-100	calizas
100-104	arcillas
104-145	calizas
145-172	se desconoce

##### ***Pozo FERNANDO POO***

0-55	alternancia de arcillas y arcillas arenosas
55-61	arcillas con capitas de calizas
61-66	arcillas y calizas
66-80	calizas y arcillas negras
80-84	calizas blancas
84-87	calizas con arcillas
87-95	calizas grises y blancas
97-105	calizas con arcillas
105-114	caliza blanca dura
114-140	caliza blanca arcillosa
140-141	arcilla negra
141-143	caliza blanca dura
143-146	caliza arcillosa
146-150	arcillas arenosas
150- 160	alternancia calizas duras y calizas arcillosas
160-164	arcillas roja

##### ***Pozo HAZA DEL ESPINO***

0-28	arcillas arenosas
28-32	arenas
32-55	arcillas
55-66	alternancia arcillas y calizas
66-120	calizas arcillosas
120-125	alternancia arcillas y calizas
125-155	calizas con algo de arcillas

Respecto a las características técnicas de las perforaciones se pondrá como ejemplo el sondeo Banco Este, ya que los demás tienen características semejantes.

#### Perforación

0-61 m	600mm
61-154m	550mm
154-final	se desconoce

#### Entubación

0-61m	550mm, los 4 últimos metros cementados
61-102 m	500mm
102-154 m	450mm
154-final	sin entubar

#### Filtros y rejillas

70-155 tubería rajada

### 2.5. Estadillos de campo y gráficas descenso-tiempo

Nº DE ENSAYO:	1
---------------	---

# POZO DE BOMBEO

Pozo de Bombeo .....HAZA DEL ESPINO.....
PROVINCIA .....ALBACETE.....

COORDENADAS U.T.M:

Pozo de Observación .....EL BANCO (OESTE) .....
MUNICIPIO: TARAZONA DE LA MANCHA

X = .....584740.....
Y = .....4344660.....

Distancia ..... 504,3 m .....
Objeto.....RIEGO..Profundidad ..... 155m ..

Z\* = {
E = .....
A = .....
N = .....725 m.....

PROPIETARIO: D. FCO. DE SANTA OLALLA
Tiempo total bombeado .....7:00 horas.....

GRUPO GENERADOR	MARCA .....	GRUPO MOTOBOMBA	MARCA .....	Naturaleza de la referencia altimétrica .....
	KVA .....		TENSIÓN .....	
	MOTOR .....		TIPO .....	Altura de la misma sobre el suelo .....
	POTENCIA .....		POTENCIA .....	

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	PERFORACIÓN			REVESTIMIENTO				OBSERVACIONES
	De	a	Ø	De	a	Ø	Espesor	

Comienzo: 30/03/01 Hora : 9:40 h NE: 86,335 m			Terminación: 30/03/01 Hora 16:40 h NE .....			Q(l/s): 94,72	Q <sub>esp</sub> (l/s/m).....
FECHA	HORA	TIEMPO (minutos)	NIVEL (m)	DESCENSO (m)	OBSERVACIONES		
30/03/01	9:40	0	86,335	0			
		1,25	96,467	10,132			
		2,00	96,494	0,027			
		3,00	96,494	0			
		4,67	96,494	0			
		5,95	96,509	0,015			
		8,00	96,509	0			
		10,00	96,569	0,060			
		12,00	96,613	0,044			
		15,01	96,663	0,050			
		20,00	96,721	0,058			
		25,00	96,741	0,020			
		40,00	96,796	0,055			
	10:41	50,01	96,851	0,055			
		61,00	96,886	0,035			
		72,17	96,906	0,020			
		80,50	96,912	0,006			
		100,00	96,942	0,030			
	11:41	121,12	96,958	0,016			
		150,00	96,978	0,020			
		180,00	96,995	0,017			
	12:41	220,00	97,038	0,043			
		260,33	97,068	0,030			
		301,00	97,053	- 0,015			
		360,00	96,993	- 0,060			
	16:40	420,00	97,030	0,037			

\* Cota absoluta del suelo: “E”= estimada; “A” = aproximada; “N” = nivelada.



Nº DE ENSAYO: 1

## POZO DE BOMBEO

Pozo de Bombeo .....HAZA DEL ESPINO..... PROVINCIA .....ALBACETE.....

COORDENADAS U.T.M:

Pozo de Observación .....EL BANCO (OESTE) ..... MUNICIPIO: TARAZONA DE LA MANCHA

X = .....584740.....

Distancia ..... 504,3 m ..... Objeto.....RIEGO..Profundidad ..... 155m ..

Y = .....4344660.....

PROPIETARIO: D. FCO. DE SANTA OLALLA Tiempo total bombeado .....7:00 horas.....

$$Z^* = \begin{cases} E = ..... \\ A = ..... \\ N = .....725 \text{ m}..... \end{cases}$$

Naturaleza de la referencia altimétrica .....

Altura de la misma sobre el suelo .....

## ENSAYO DE RECUPERACIÓN

ENSAYO DE RECUPERACIÓN						
Comienzo: 30/03/01 Hora : 18:01h NE: 86,335 m			Terminación: 30/03/01 Hora 19:06 h NE .....		Q(l/s): 94,72	Q <sub>esp</sub> (l/s/m).....
FECHA	HORA	TIEMPO (minutos)	(t <sup>2</sup> +t) / t'	NIVEL (m)	DESCENSOS (m)	OBSERVACIONES
30/03/01	18:01	0				
		6,00		92,640	6,305	
		9,77		86,540	0,205	
		27,00		86,506	0,171	
		35,23		86,479	0,144	
		52,75		86,450	0,115	
	19:06	65,08		86,421	0,086	

\* Cota absoluta del suelo: "E"= estimada; "A" = aproximada; "N" = nivelada.

Pozo de Bombeo .....HAZA DEL ESPINO.....

PROVINCIA .....ALBACETE.....

COORDENADAS U.T.M:

Pozo de Observación .....EL BANCO (OESTE) .....

MUNICIPIO: TARAZONA DE LA MANCHA

X = .....584770.....

Distancia ..... 504,3 m .....

Objeto.....RIEGO..Profundidad ..... 175,5m ..

Y = .....4344170.....

PROPIETARIO: D. FCO. DE SANTA OLALLA

Tiempo total bombeado .....7:00 horas.....

$Z^* = \begin{cases} E = ..... \\ A = ..... \\ N = .....722 \text{ m}..... \end{cases}$

GRUPO GENERADOR	MARCA .....	GRUPO MOTOBOMBA	MARCA .....	Naturaleza de la referencia altimétrica
	KVA .....		TENSIÓN .....	.....
	MOTOR .....		TIPO .....	Altura de la misma sobre el suelo
	POTENCIA .....		POTENCIA .....	.....

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	PERFORACIÓN			REVESTIMIENTO				OBSERVACIONES
	De	a	Ø	De	a	Ø	Espesor	

Comienzo: 30/03/01 Hora : 9:40 h NE:86,550 m			Terminación: 17/03/01 Hora 16:40 h NE .....			Q(l/s): 94,72	Q <sub>esp</sub> (l/s/m).....
FECHA	HORA	TIEMPO (minutos)	NIVEL (m)	DESCENSO (m)	OBSERVACIONES		
30/03/01	9:40	0	86,550	0			
		1	86,550	0			
		2	86,550	0			
		3	86,580	0,030			
		4	86,580	0			
		5	86,623	0,043			
		6	86,623	0			
		8	86,653	0,030			
		10	86,678	0,025			
		12	86,780	0,030			
		15	86,733	0,025			
		20	86,763	0,030			
		25	86,778	0,015			
		30	86,798	0,020			
		40	86,823	0,025			
		50	86,835	0,012			
	10:40	60	86,850	0,015			
		80	86,890	0,040			
		100	86,900	0,010			
		120	86,920	0,020			
	11:40	150	86,930	0,010			
		180	86,941	0,011			
		220	86,963	0,022			
		260	86,973	0,010			
	12:40	300	86,973	0			
		360	86,982	0,009			
		420	86,992	0,010			

\* Cota absoluta del suelo; “E”= estimada; “A” = aproximada; “N” = nivelada.

# POZO DE BOMBEO

Nº DE ENSAYO: 2

Pozo de Bombeo ..... EL BANCO (OESTE) ..... PROVINCIA .....ALBACETE.....

COORDENADAS U.T.M:

Pozo de Observación .....HAZA DEL ESPINO..... MUNICIPIO: TARAZONA DE LA MANCHA

X = .....584770.....

Distancia ..... 504,3 m ..... Objeto.....RIEGO..Profundidad ..... 175,5m ..

Y = .....4344170.....

PROPIETARIO: D. FCO. DE SANTA OLALLA Tiempo total bombeado .....6:00 horas.....

Z\* = { E = .....  
A = .....  
N = .....722 m.....

GRUPO GENERADOR	MARCA .....	GRUPO MOTOBOMBA	MARCA .....	Naturaleza de la referencia altimétrica .....
	KVA .....		TENSIÓN .....	
	MOTOR .....		TIPO .....	Altura de la misma sobre el suelo .....
	POTENCIA .....		POTENCIA .....	

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	PERFORACIÓN		REVESTIMIENTO				OBSERVACIONES
	De	a	De	a	Ø	Espesor	
	Ø					Naturaleza	

Comienzo: 02/06/01 Hora : 8:50 h NE: 89,600 m			Terminación: 02/06/01 Hora 14:50 h NE .....			Q(l/s): 97,08	Q <sub>esp</sub> (l/s/m).....
FECHA	HORA	TIEMPO (minutos)	NIVEL (m)	DESCENSO (m)	OBSERVACIONES		
02/06/01	8:50	0	89,600	0	La bomba ha estado funcionando hasta las 6:00 de la mañana aproximadamente.  A las 10:00 horas se pone en funcionamiento la bomba del pozo "Fernando Poo".		
		1,00	95,750	6,150			
		2,00	95,890	0,140			
		3,00	96,180	0,290			
		5,00	96,520	0,340			
		6,00	96,640	0,120			
		8,25	96,790	0,150			
		10,00	96,890	0,100			
		15,00	96,720	0,170			
		21,20	96,850	0,130			
		25,00	96,900	0,050			
		35,00	97,000	0,100			
		40,00	97,040	0,040			
	9:50	50,00	97,100	0,060			
		60,00	97,110	0,010			
		80,33	97,200	0,090			
		100,00	97,240	0,040			
	10:50	120,00	97,280	0,040			
		150,00	97,340	0,060			
	11:50	180,00	97,360	0,020			
		220,00	97,390	0,030			
		260,00	97,390	0			
		300,00	97,395	0,005			
	14:50	360,00	97,395	0			

\* Cota absoluta del suelo: "E"= estimada; "A" = aproximada; "N" = nivelada.

Nº DE ENSAYO:	2
---------------	---

## POZO OBSERVACIÓN

Pozo de Bombeo .....	EL BANCO (OESTE) .....	PROVINCIA .....	ALBACETE.....	COORDENADAS U.T.M:
Pozo de Observación .....	HAZA DEL ESPINO.....	MUNICIPIO:	TARAZONA DE LA MANCHA	X = .....584740.....
Distancia .....	504,3 m .....	Objeto.....	RIEGO..Profundidad .....	175,5m ..
PROPIETARIO:	D. FCO. DE SANTA OLALLA	Tiempo total bombeado .....	6:00 horas.....	<div> <div>Y = .....4344660.....</div> <div> <div>E = .....</div> <div>A = .....</div> <div>N = .....725 m.....</div> </div> </div>

GRUPO GENERADOR	MARCA .....	GRUPO MOTOBOMBA	MARCA .....	Naturaleza de la referencia altimétrica
	KVA .....		TENSIÓN .....	.....
	MOTOR .....		TIPO .....	Altura de la misma sobre el suelo
	POTENCIA .....		POTENCIA .....	.....

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	PERFORACIÓN			REVESTIMIENTO				OBSERVACIONES
	De	a	Ø	De	a	Ø	Espesor	

Comienzo: 02/06/01 Hora : 8:50 h NE: 83,285m			Terminación: 02/06/01 Hora 14:50 h NE .....			Q(l/s): 97,08	Q <sub>esp</sub> (l/s/m).....
FECHA	HORA	TIEMPO (minutos)	NIVEL (m)	DESCENSO (m)	OBSERVACIONES		
02/06/01	8:50	0	83,285m	0	No hay descensos.		
		33,33	83,505	0,220			
		44,00	83,541	0,036			
	9:54	54,00	83,571	0,030			
		64,00	83,571	0,000			
		84,00	83,607	0,036			
		104,00	83,667	0,060			
	11:01	131,00	83,682	0,015			
		155,00	83,702	0,020			
		185,00	83,702	0,000			
	11:55	225,00	83,702	0,000			
		267,00	83,669	-0,003			
		336,00	83,669	-0,003			
	14:26						

\* Cota absoluta del suelo: “E”= estimada; “A” = aproximada; “N” = nivelada.

# POZO DE BOMBEO

Nº DE ENSAYO: 3

Pozo de Bombeo ..... FERNANDO POO .....

PROVINCIA .....ALBACETE.....

COORDENADAS U.T.M:

Pozo de Observación .....HAZA DEL ESPINO.....

MUNICIPIO: TARAZONA DE LA MANCHA

X = .....585520.....

Distancia ..... 810 m .....

Objeto.....RIEGO.. Profundidad ..... 164 m ..

Y = .....4344700.....

PROPIETARIO: D. FCO. DE SANTA OLALLA

Tiempo total bombeado .....6:30 horas.....

Z\* = { E = .....  
A = .....  
N = .....

GRUPO GENERADOR	MARCA .....	GRUPO MOTOBOMBA	MARCA .....	Naturaleza de la referencia altimétrica .....
	KVA .....		TENSIÓN .....	
	MOTOR .....		TIPO .....	Altura de la misma sobre el suelo .....
	POTENCIA .....		POTENCIA .....	

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	PERFORACIÓN		REVESTIMIENTO				OBSERVACIONES
	De	a	De	a	Ø	Espesor	
	Ø					Naturaleza	

Comienzo: 12/06/01 Hora : 16:31 h NE: 91'90 m			Terminación: 12/06/01 Hora 22:11 h NE .....			Q(l/s): 87,00	Q <sub>esp</sub> (l/s/m).....
FECHA	HORA	TIEMPO (minutos)	NIVEL (m)	DESCENSO (m)	OBSERVACIONES		
12/06/01	16:31	0	91,90	0	Se ha estado bombeando con un caudal medio de 87 l/sg.		
		1,00	97,11	5,21			
		2,00	97,29	0,18			
		3,00	97,44	0,15			
		4,00	97,54	0,10			
		5,00	97,61	0,07			
		6,00	97,64	0,03			
		7,00	97,68	0,04			
		9,00	97,73	0,05			
		11,00	97,77	0,04			
		13,00	97,80	0,03			
		18,00	97,85	0,05			
	17:29	23,00	97,89	0,04	En el pozo de observación (Haza del Espino) no se notó la influencia del bombeo de "Fernando Poo".		
		28,00	97,91	0,02			
		33,00	97,99	0,08			
		41,00	98,03	0,04			
		59,40	98,04	0,01			
		87,40	98,07	0,03			
	18:25	95,00	98,10	0,03			
		115,00	98,15	0,05			
		145,00	98,21	0,06			
		175,00	98,24	0,03			
		205,00	98,25	0,01			
		260,00	98,30	0,05			
	21:31	300,00	98,30	0,00	Aproximadamente 50 minutos después de la última medida se paró la bomba y comenzó la recuperación.		

\* Cota absoluta del suelo: "E"= estimada; "A" = aproximada; "N" = nivelada.

3

## POZO DE BOMBEO

**Pozo de Bombeo .....FERNANDO POO .....**

**PROVINCIA .....ALBACETE.....****COORDENADAS U.T.M.:**

**Pozo de Observación .....HAZA DEL ESPINO .....**

**MUNICIPIO: TARAZONA DE LA MANCHA**

**X** = .....585520.....

**Distancia** ..... 810 m .....

**Objeto.....RIEGO.. Profundidad ..... 164 m ..**

**Y** = .....4344700.....

**PROPIETARIO:** D. FCO. DE SANTA OLALLA

**Tiempo total bombeado .....6:30 horas.....**

$$\mathbf{Z}^* = \begin{cases} \mathbf{E} = \dots\dots\dots \\ \mathbf{A} = \dots\dots\dots \\ \mathbf{N} = \dots\dots\dots \end{cases}$$

### Naturaleza de la referencia altimétrica .....

**Altura de la misma sobre el suelo .....**

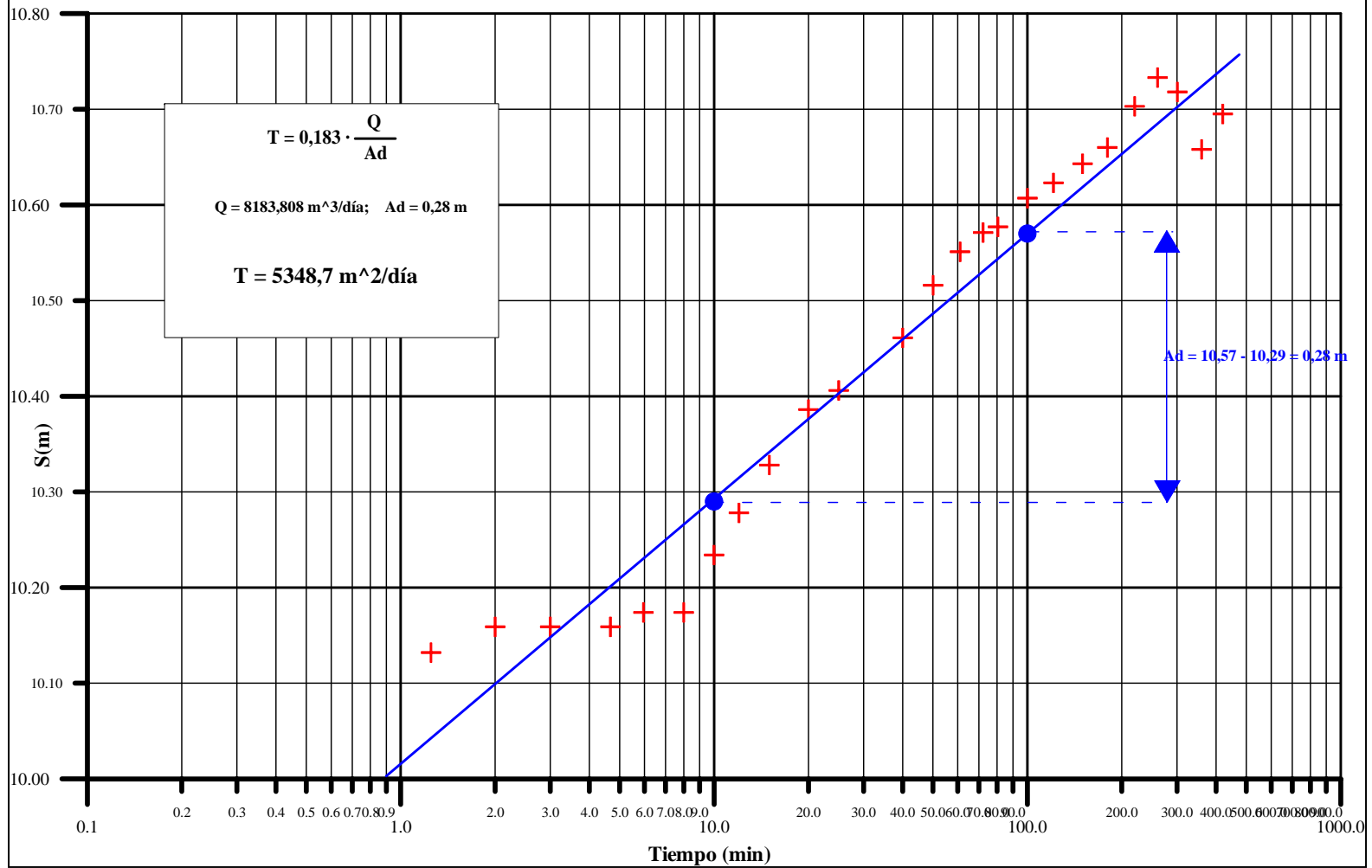
## ENSAYO DE RECUPERACIÓN

Comienzo: 12/06/01 Hora : 22:10 h NE: .....			Terminación: 12/06/01 Hora 23:00 h NE .....			Q(l/s): 87,00	Q <sub>esp</sub> (l/s/m).....
FECHA	HORA	TIEMPO (minutos)	(t <sup>2</sup> +t) / t'	NIVEL (m)	DESCENSOS (m)	OBSERVACIONES	
12/06/01	22:10	0					
		3,00		92,530	5,820		
		4,00		92,455	0,030		
		5,00		92,443	0,010		
		6,00		92,441	0		
		8,00		92,380	0,060		
		10,00		92,350	0,030		
		12,00		92,332	0,020		
		15,00		92,321	0,010		
		20,00		92,280	0,040		
		25,00		92,251	0,030		
		30,00		92,235	0,020		
		40,00		92,210	0,020		
		50,00		92,180	0,030		
		23:00					

\* Cota absoluta del suelo: "E"= estimada; "A" = aproximada; "N" = nivelada.

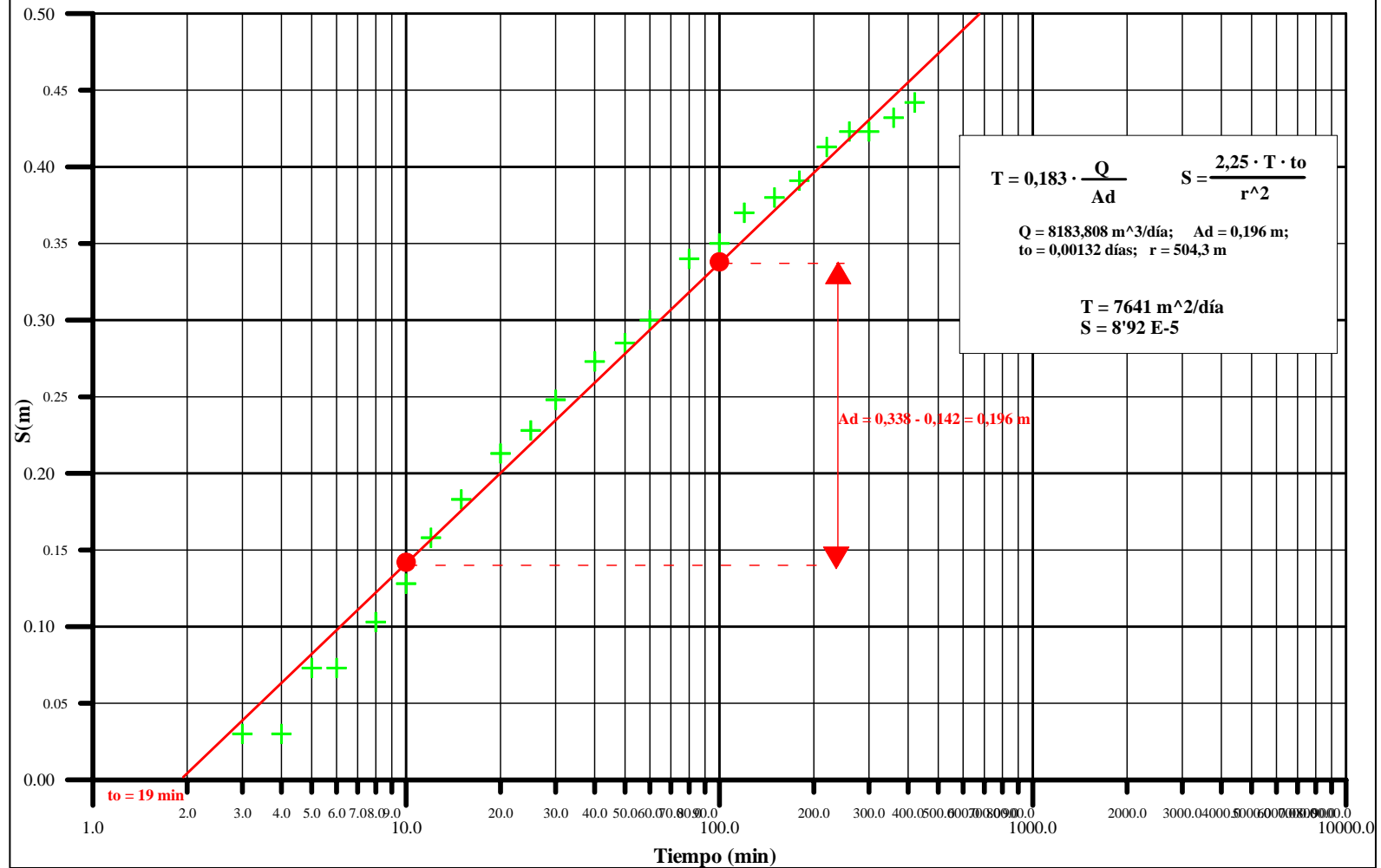
# ENSAYO N° 1: Pozo de bombeo "Haza del Espino"

*Método JACOB*



# ENSAYO N° 1: Pozo de observación "Banco Oeste"

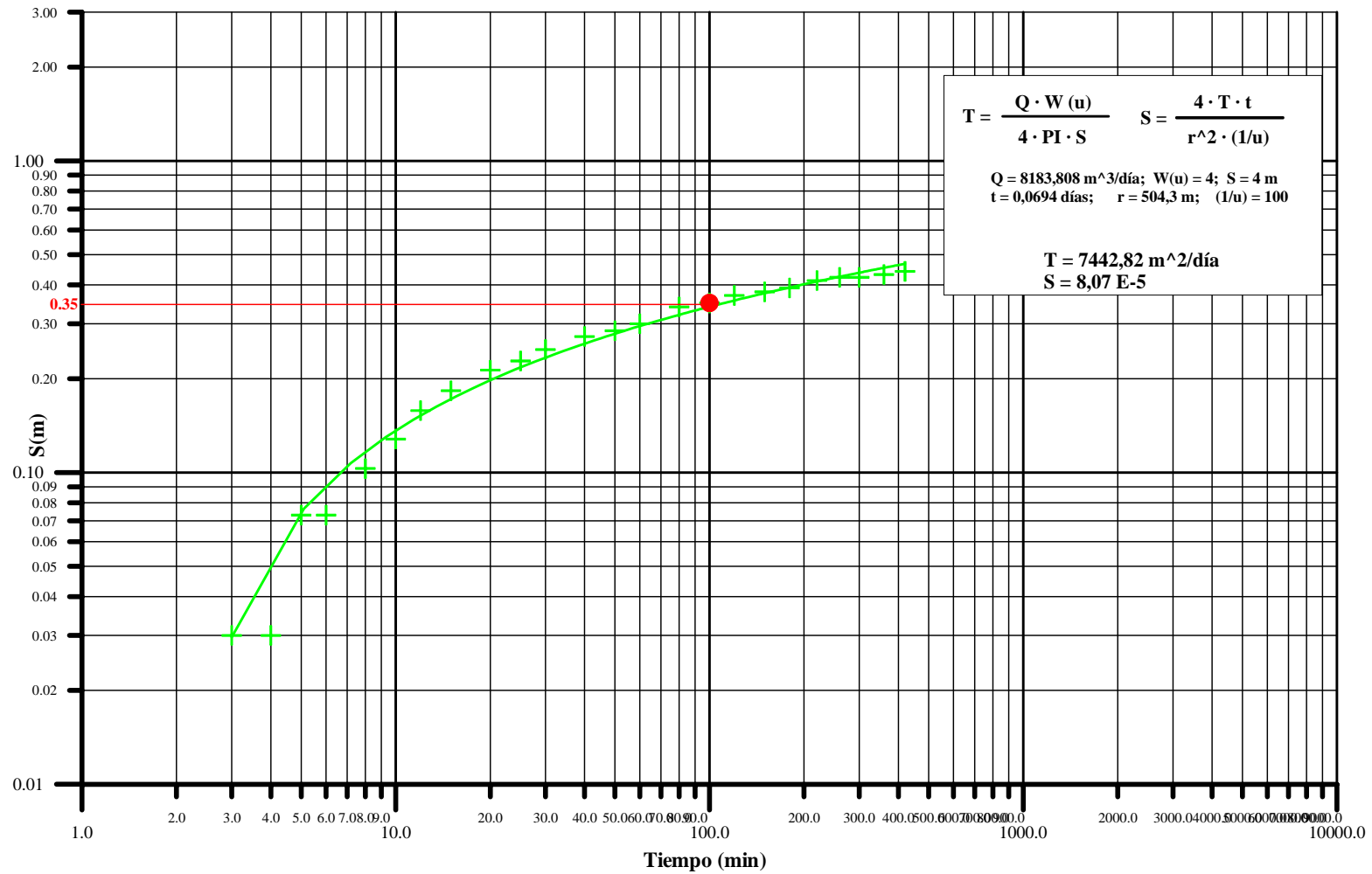
*Método JACOB*





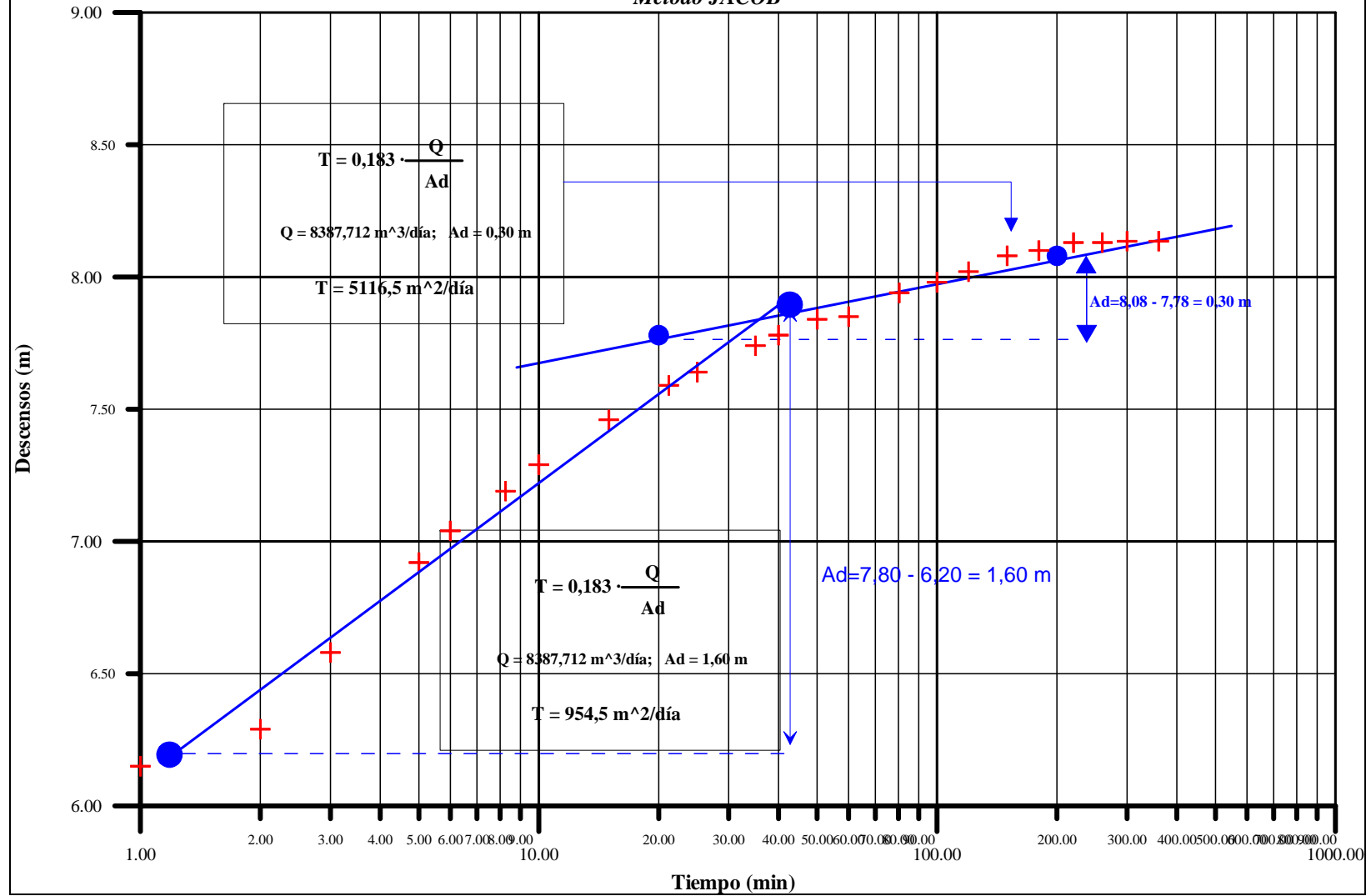
# ENSAYO N° 1: Pozo de observación "Banco Oeste"

*Método THEIS*



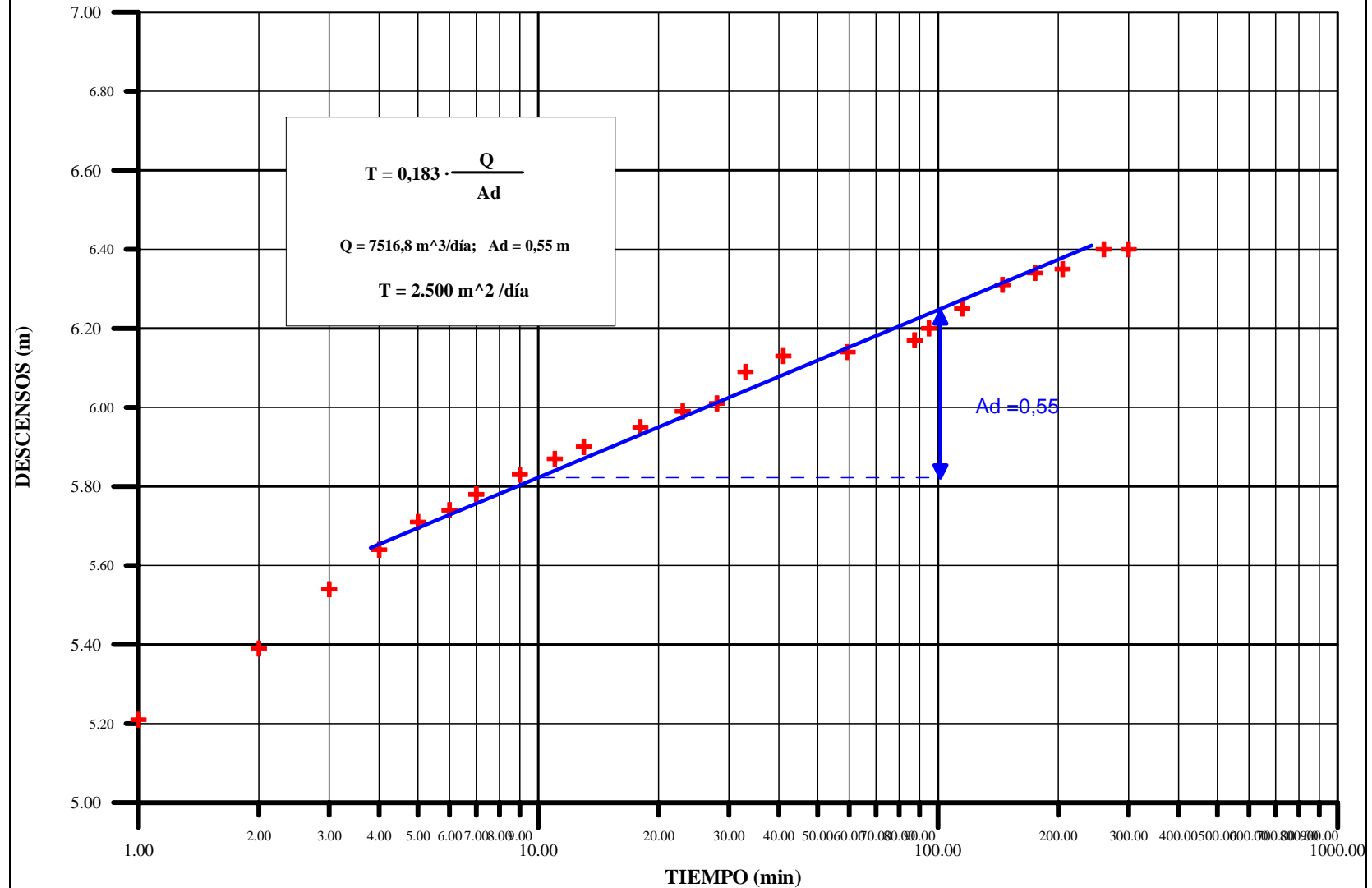
## ENSAYO N° 2: Pozo de bombeo "Banco Oeste"

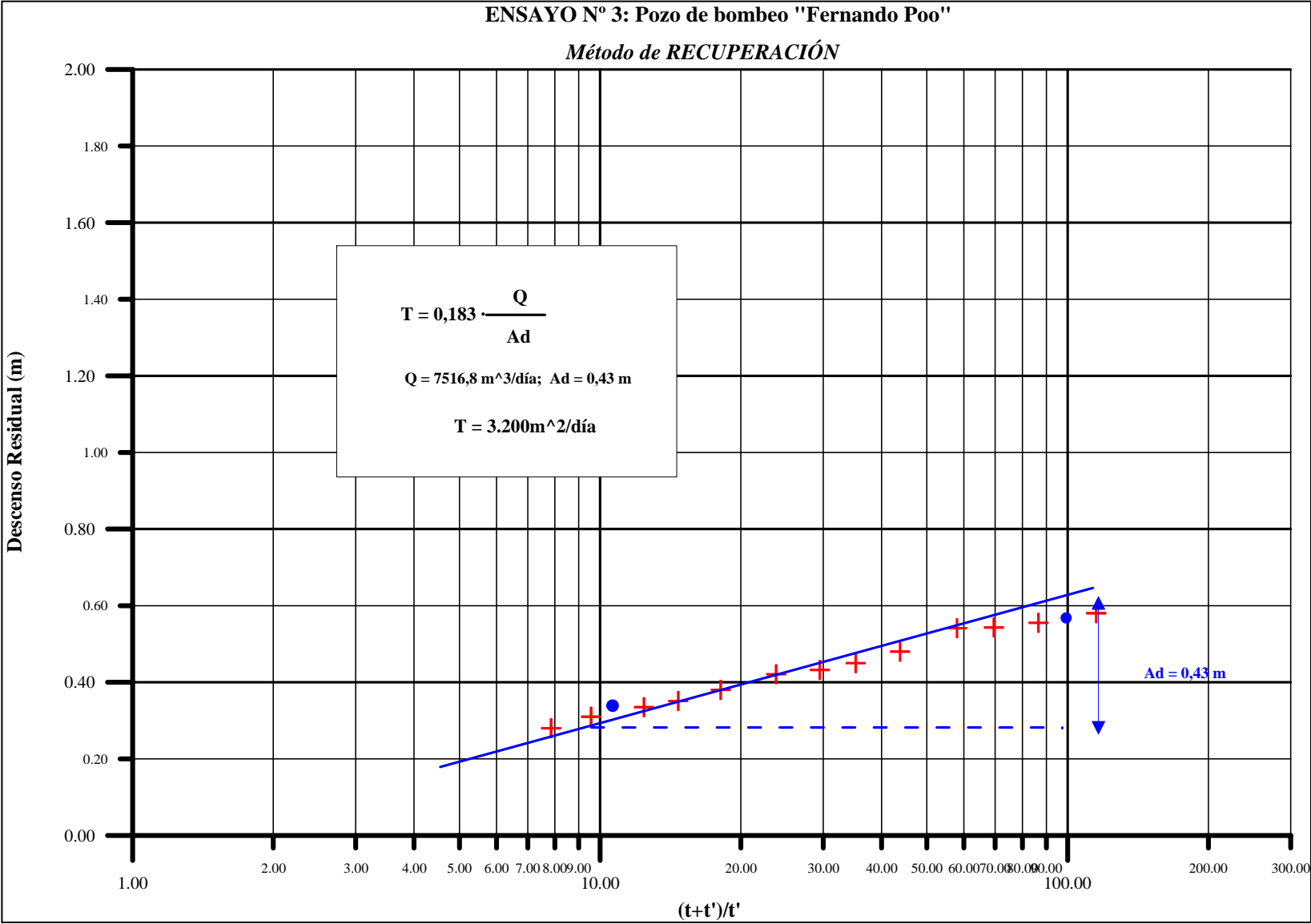
*Método JACOB*



### ENSAYO N° 3: Pozo de bombeo "Fernando Poo"

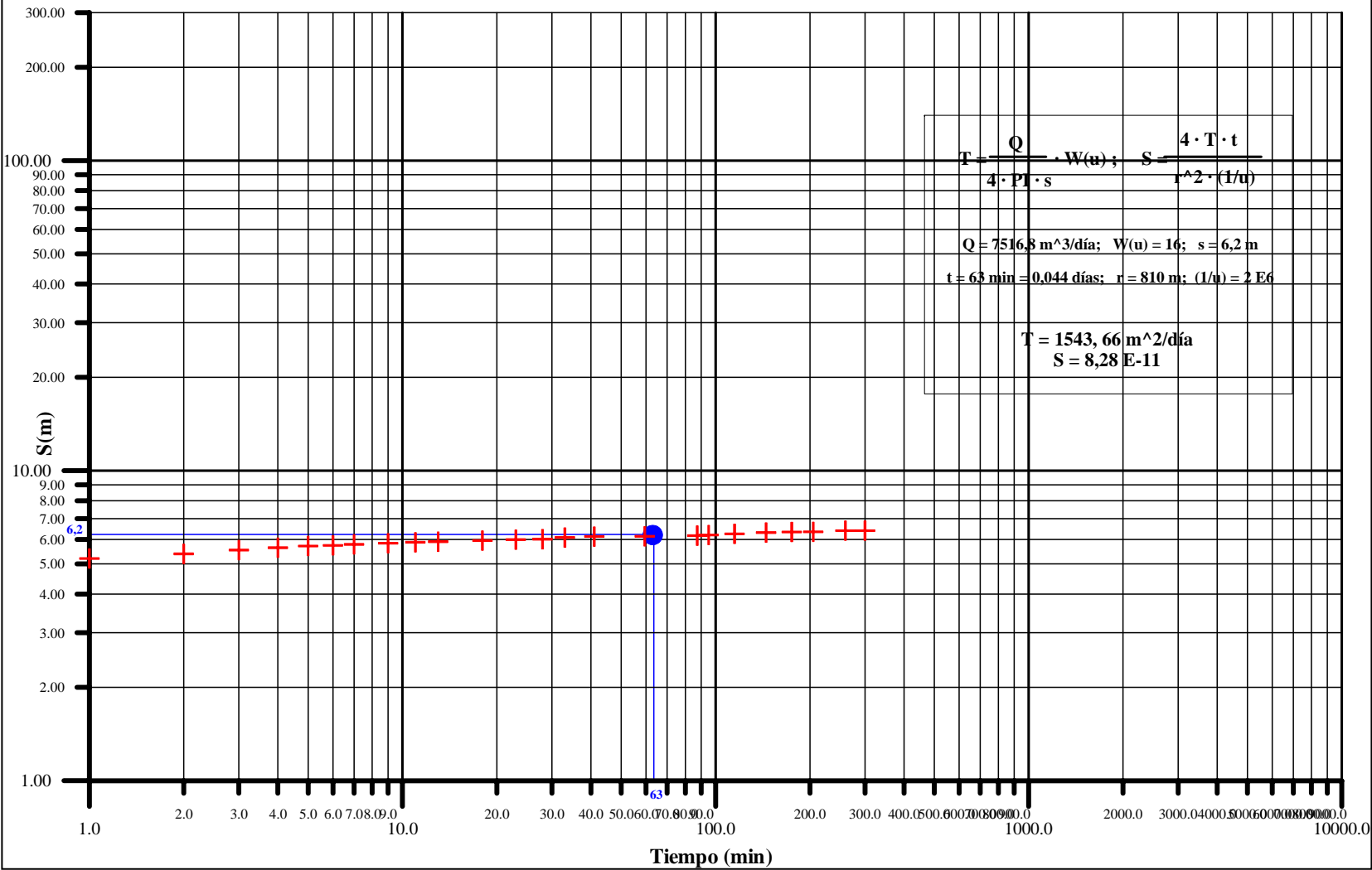
*Método de JACOB*





ENSAYO N° 3: Pozo de bombeo "Fernando Poo"

Método THEIS



### 3. Zona de ensayo 2

#### 3.1. Introducción

La zona de ensayo 2 se encuentra localizada en la finca “Casa Don Pedro”, en la margen izquierda de la carretera Albacete-Barrax (Figura 5.12 y Figura 5.1; Capítulo 5). Hidrogeológicamente, el sondeo se encuentra ubicado en la denominada LFM (Alcaraz-Albacete) entre los Dominios Hidrogeológicos Central y Meridional. Dicha zona está recubierta por grandes espesores de materiales detríticos del Plioceno, intercalados por paquetes de calizas lacustres (ver corte hidrogeológico 3, 4 y 5; Anexo IV).

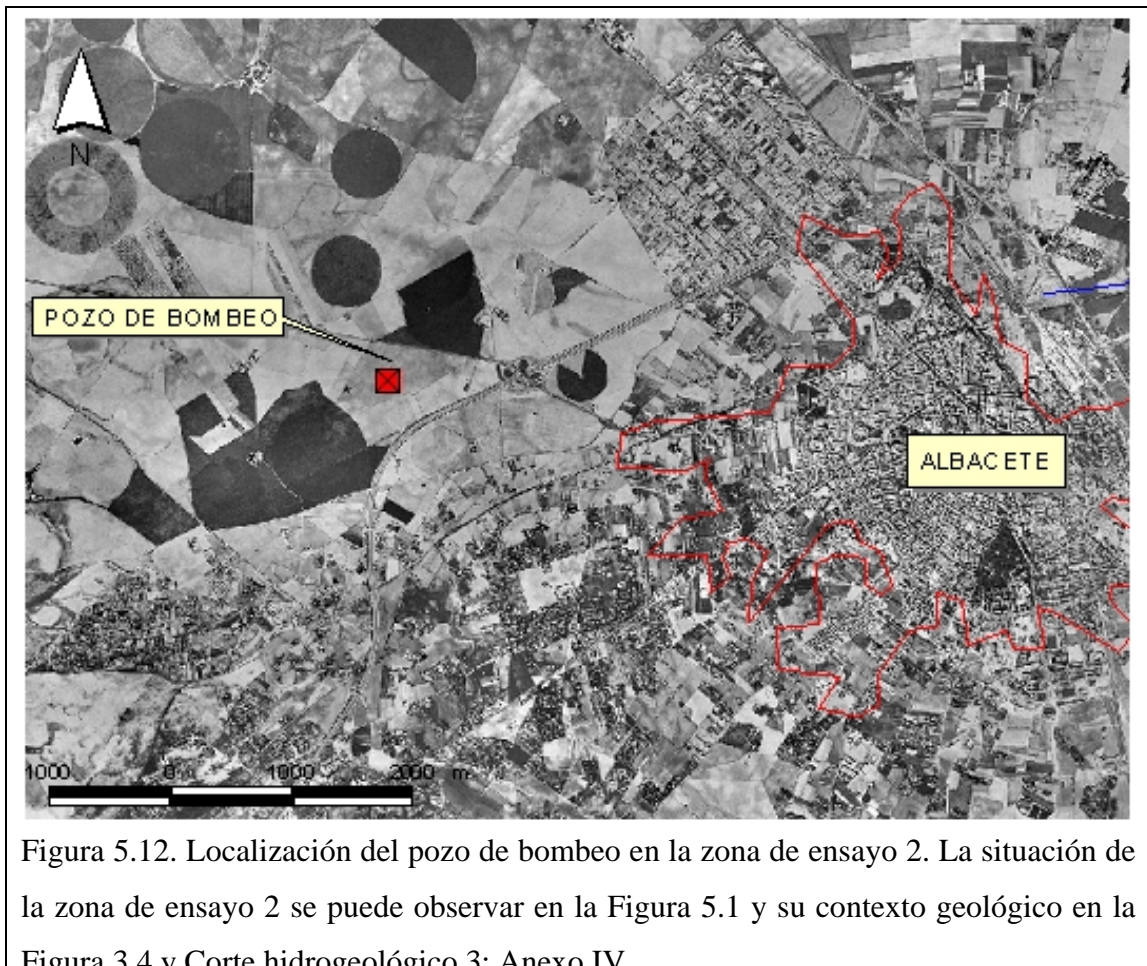


Figura 5.12. Localización del pozo de bombeo en la zona de ensayo 2. La situación de la zona de ensayo 2 se puede observar en la Figura 5.1 y su contexto geológico en la Figura 3.4 y Corte hidrogeológico 3. Anexo IV

### 3.2. Evolución del ensayo

El ensayo de bombeo comenzó el día 4 de Mayo de 2001 a las 15:25 horas. El nivel inicial del agua estaba a 73,60 m de profundidad (637,08 m.s.n.m). El pozo comenzó a bombear un caudal constante de 55 l/s. El pozo de bombeo tenía situada la rejilla entre los 540 y 600 m, por lo que el agua bombeada presentaba una temperatura que rondaba los 30° C en concordancia con el gradiente geotérmico y salió turbia durante toda la prueba, posiblemente por falta de desarrollo.

Durante la ejecución de la prueba de bombeo no se pudo controlar ningún pozo de observación, por lo que no se han podido obtener datos que cuantifiquen el coeficiente de almacenamiento. El ensayo de bombeo se dio por finalizado a las 6 horas, y el nivel del agua se situó a 120,82 m de profundidad. La curva pintada descensos-tiempo parece seguir una tendencia bien definida (ver apdo 3.4). Señalar que no se efectuaron las medidas de la recuperación ya que el pozo debía seguir bombeando a causa de las necesidades de riego del propietario.

En la Tabla 5.8, que recoge los valores obtenidos de transmisividad con los diferentes métodos ensayados. Los gráficos con los cuales hemos efectuado las interpretaciones de las curvas descenso-tiempo se ofrecen al final de este apartado.

THEIS		JACOB	
<i>A mano</i>	<i>AQUIFER TEST</i>	<i>A mano</i>	<i>AQUIFER TEST</i>
T (m <sup>2</sup> /día)	T (m <sup>2</sup> /día)	T (m <sup>2</sup> /día)	T (m <sup>2</sup> /día)
50	70	130	60



POZO DE BOMBEO

**Tabla 5.8. Resultados obtenidos en la prueba de bombeo del ensayo número 2.**

### 3.3. Discusión

A pesar de la turbidez que exhibía el agua bombeada durante toda la prueba se realizaron los cálculos necesarios para obtener los parámetros hidrogeológicos. Los valores de transmisividad calculados para el ensayo realizado variaron entre 50 y 130 m<sup>2</sup>/día. A partir de estos valores, se puede asegurar que nos encontramos ante un acuífero con unas características hidrogeológicas aceptables pero cuyas características constructivas y la falta de desarrollo de la captación empeoran el rendimiento de ésta última.

Cabe destacar, que durante las seis horas que duró el ensayo de bombeo se produjo un descenso del nivel del agua en el pozo de 47,22 m y que, en los primeros 10 minutos, el descenso fue de 37 m. A partir del análisis de la curva descenso-tiempo se han eliminando las pérdidas de carga (diferencia entre el descenso real y el teórico), obteniendo un valor de caudal específico para el pozo de 2,8 l/s por cada metro de descenso del agua.

### 3.4. Estadillos de campo y gráficas descenso-tiempo



Nº de ENSAYO: 1
-----------------

# POZO DE BOMBEO

Pozo de Bombeo .....	CASA DON PEDRO.....	PROVINCIA .....	ALBACETE.....	COORDENADAS U.T.M:
Pozo de Observación .....		MUNICIPIO .....	ALBACETE.....	X = .....593980.....
Distancia .....		Objeto.....	RIEGO....Profundidad ....	780 m ..
PROPIETARIO .....		Tiempo total bombeado .....	6 horas.....	<div> Z* = { E = ..... A = ..... N = .....710 m..... } </div>

GRUPO GENERADOR	MARCA .....	GRUPO MOTOBOMBA	MARCA .....	Naturaleza de la referencia altimétrica
	KVA .....		TENSIÓN .....	.....TUBO PIEZOMÉTRICO.....
	MOTOR .....		TIPO .....	
	POTENCIA .....		POTENCIA .....	Altura de la misma sobre el suelo
				.....0'68 m .....

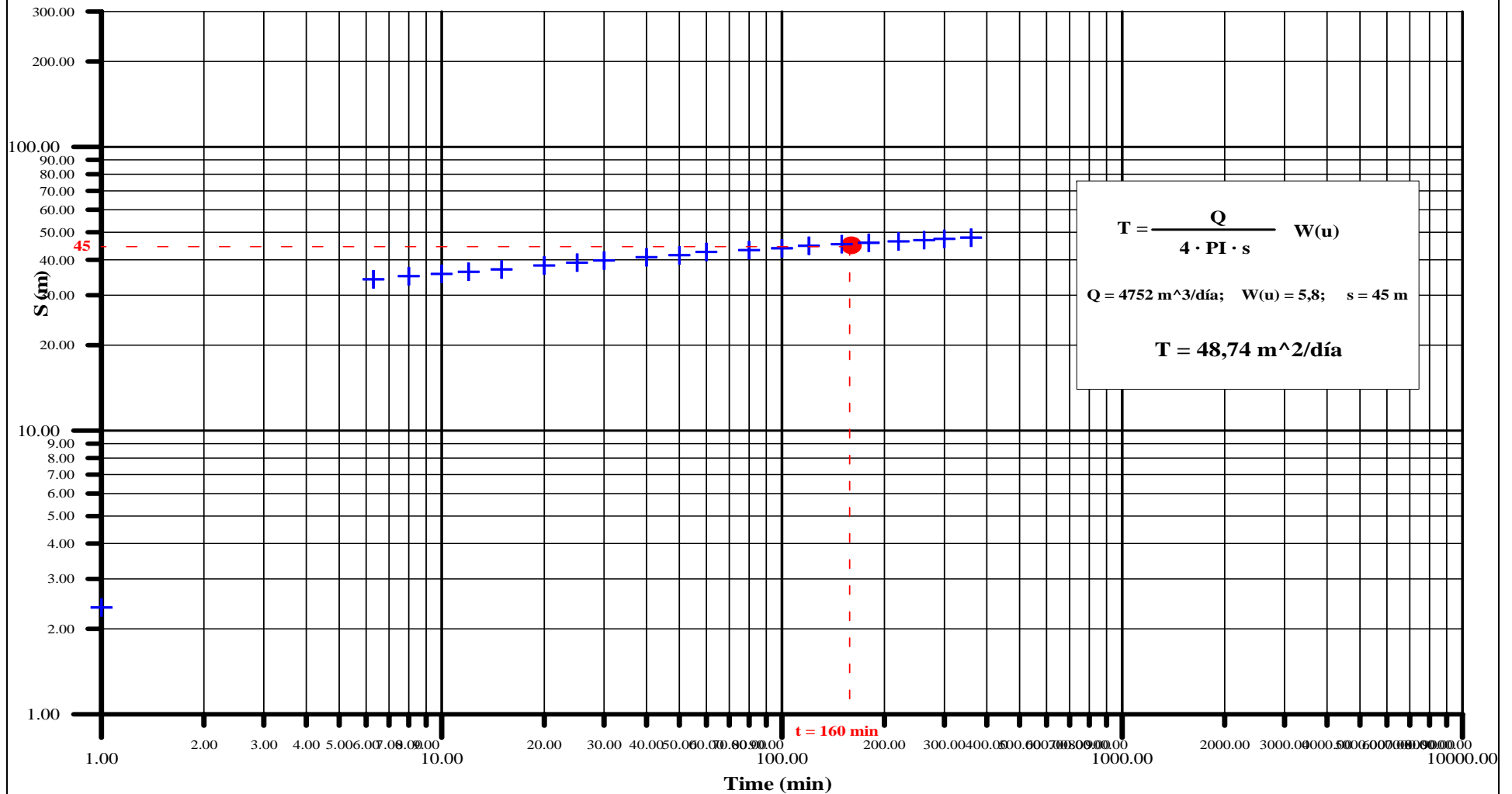
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	PERFORACIÓN			REVESTIMIENTO				OBSERVACIONES
	De	a	Ø	De	a	Ø	Espesor	

Comienzo: 04/05/01 Hora : 15:25 h NE: 73'60 m			Terminación: 04/05/01 Hora 21:25 h NE .....			Q(l/s): 55	Q <sub>esp</sub> (l/s/m) 1'14
FECHA	HORA	TIEMPO (minutos)	NIVEL (m)	DESCENSO (m)	OBSERVACIONES		
04/05/01	15:25	0	73'60	0			
		1,0	75,98	2,38			
		6,3	107,75	31,77			
		8,0	108,59	0,84			
		10,0	109,27	0,68			
		12,0	109,90	0,63			
		15,0	110,60	0,70			
		20,0	111,78	1,18			
		25,0	112,68	0,90			
		30,0	113,35	0,67			
		40,0	114,44	1,09			
		50,0	115,11	0,67			
	16:25	60,0	116,20	1,09			
		80,0	116,87	0,67			
		100,0	117,48	0,61			
	17:25	120,0	117,78	0,92			
		150,0	118,40	0,63			
	18:25	180,0	118,87	0,47			
		220,0	119,38	0,51			
		262,0	119,88	0,50			
	20:25	300,0	120,38	0,50			
	21:25	360,0	120,82	0,44			

\* Cota absoluta del suelo: “E”= estimada; “A” = aproximada; “N” = nivelada.

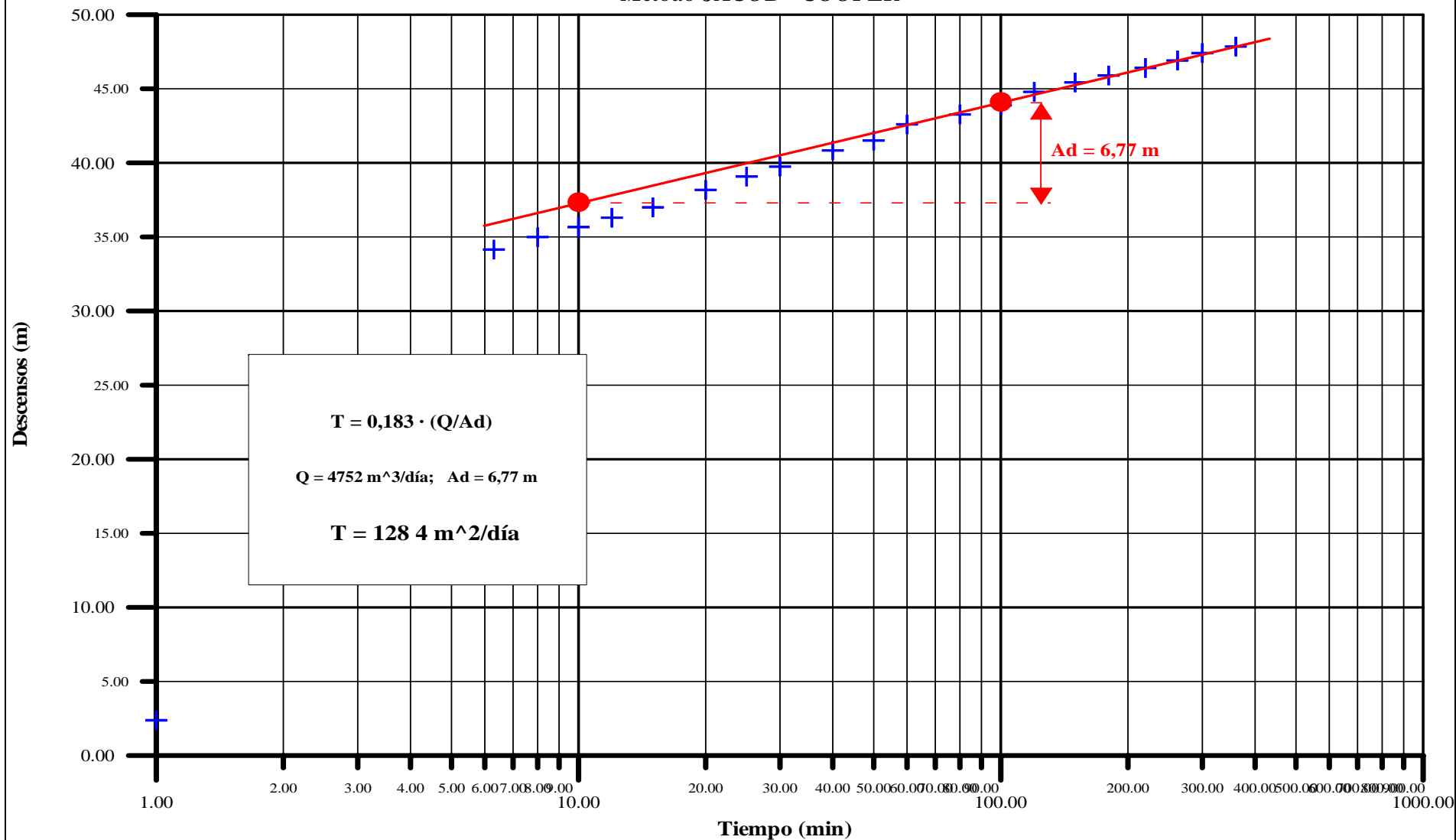
## Pozo de Bombeo: "Casa don Pedro"

*Método THEIS*



# Pozo de Bombeo: "Casa don Pedro"

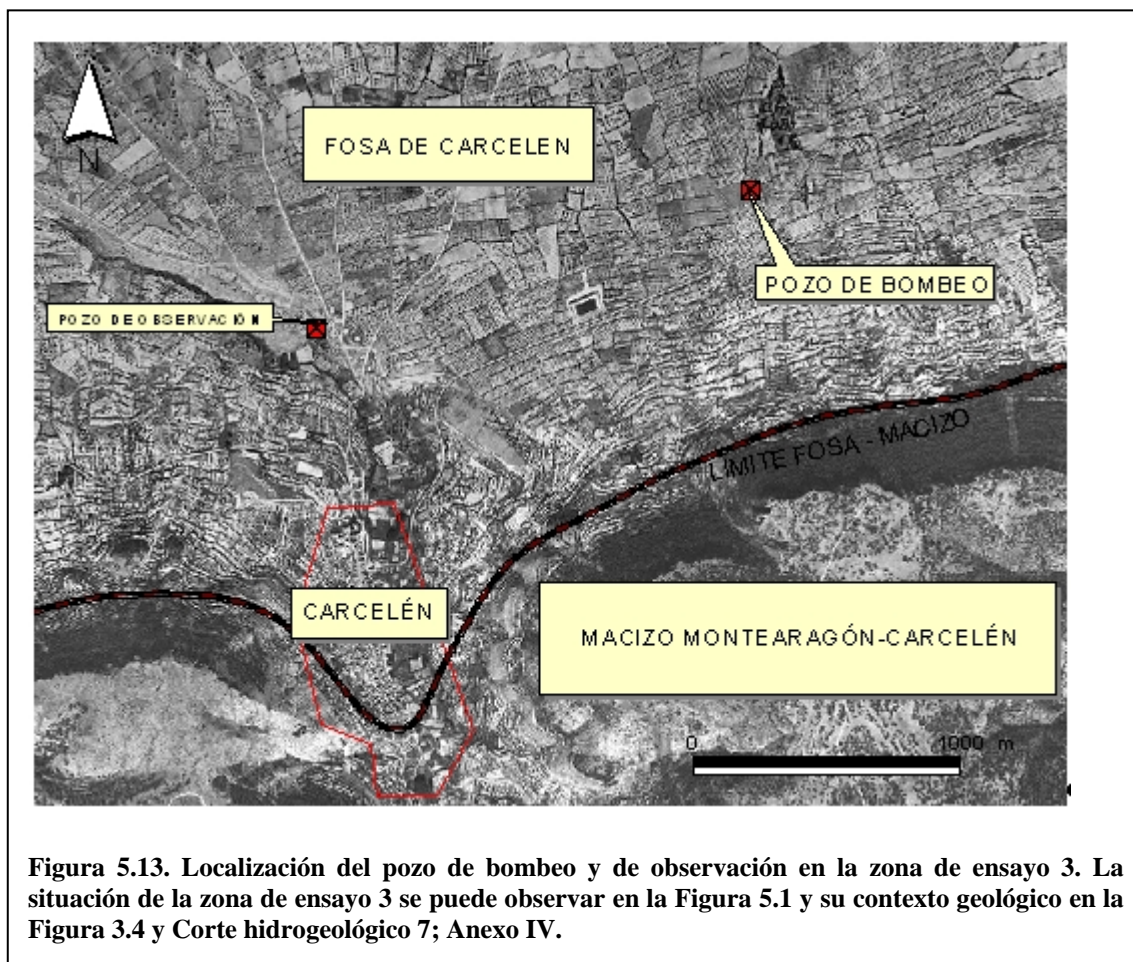
Método JACOB - COOPER



## 4. Zona de ensayo 3

### 4.1. Introducción

Esta zona de ensayo está situada en las proximidades de la localidad de Carcelén dentro de la hoja topográfica 1:50.000 n° 767 (Figura 5.1; Capítulo 5). Para esta prueba se dispuso de un pozo de bombeo denominado “**cuatro caminos**”, que se encuentra a unos 250 m de la Ctra. Carcelén-Casas de Juan Gil en el PK. 52. Dicho pozo pertenece a la red de piezometría propuesta por el IGME con el n° 263030031. El pozo de observación se sitúa a 1.510 m del de bombeo en dirección E (Figura 5.13.).



Hidrogeológicamente, la zona de ensayo queda situada en el Dominio Hidrogeológico Meridional (DHM), concretamente dentro del bloque Montearagón-Carcelén. Como se observa en la Figura 3.4 y en el corte hidrogeológico 7; Anexo IV, la zona de ensayo 3 se encuentra entre importantes fracturas con desplazamiento vertical que ponen en

contacto materiales de diferente edad. El pozo de bombeo y el de observación se encuentran explotando, a gran profundidad, la unidad hidrogeológica del Jurásico medio (UH7). Las características técnicas y litológicas de la perforación se muestran en el 4.4 de este anexo.

#### 4.2. Evolución del ensayo

La prueba comenzó el día 17 de marzo de 2001 a las 11 horas y 37 minutos. El nivel en el pozo de bombeo estaba a 121,6 m de profundidad (758,4 m.s.n.m) mientras que, el nivel de agua en el pozo de observación se situaba a 113,6 m de profundidad (764,4 m.s.n.m). El pozo se puso a bombear extrayendo un caudal constante de 98 l/s.

El ensayo se da por finalizado a las siete horas de bombeo ya que, la curva de descensos-tiempo parece seguir una tendencia bien definida. Los niveles del pozo de bombeo y los de observación se situaron a 131,53 y 116,52 m de profundidad, respectivamente. Se efectuaron las medidas de la recuperación durante 70 minutos, de modo que en el pozo de bombeo y de observación se posicionaron respectivamente a 123.52 y 115.22 m de profundidad.

La prueba de bombeo sólo se ha podido interpretar mediante el método de Jacob a causa de las distintas alineaciones que presentan los puntos en las gráficas descenso-tiempo. En la Tabla 5.9 se muestran los valores de transmisividad y coeficiente de almacenamiento obtenidos. Las graficas de evolución se pueden encontrar al final de este apartado.

JACOB	RECUPERACIÓN
<i>A mano</i>	<i>A mano</i>
T (m <sup>2</sup> /día)	T (m <sup>2</sup> /día)
3450	970
3370	970

**Tabla 5.9. Resultados obtenidos en la prueba de bombeo de la zona de ensayo 3.**

#### 4.3. Discusión

Las gráficas de descensos-tiempo para el pozo de bombeo, y el de observación muestran dos alineaciones bien definidas. Debido a que la localización de los pozos se sitúa en una zona limitada por fracturas se interpreta las alineaciones como la interceptación de los conos de bombeo con fallas (límites impermeables). Esta situación se puede comparar con la que se muestra en la Figura 5.14.

Según Villanueva Martínez y Iglesias López (1984), para el análisis de bombeos influenciados por la presencia de algún tipo de barrera rectilínea impermeable puede indicarse que la transmisividad y coeficiente de almacenamiento reales del acuífero se obtienen del primer tramo en el gráfico semilogarítmico. En este tramo se muestran los valores descenso-tiempo no influenciados por la barrera impermeable. Así, la verdadera transmisividad del acuífero, obtenida de la primera pendiente de la recta, es de unos 3.400 m<sup>2</sup>/día mientras que las demás pendientes están relacionadas con los descensos provocados al llegar el cono de bombeo al borde impermeable (fallas). Los valores obtenidos de la interpretación de la curva de recuperación son sensiblemente más bajos debido a que en este test funciona todo el acuífero con las fallas incluidas.

Los valores de coeficiente de almacenamiento (S) son del orden de 10<sup>-6</sup>, ver gráficas descensos-tiempo. Según se comentó, en la zona de ensayo 1, el cálculo de este

parámetro en acuíferos kársticos indica únicamente la conexión hidráulica entre el pozo de bombeo y el de observación, sin que se pueda afirmar que este valor sea representativo de todo el acuífero.

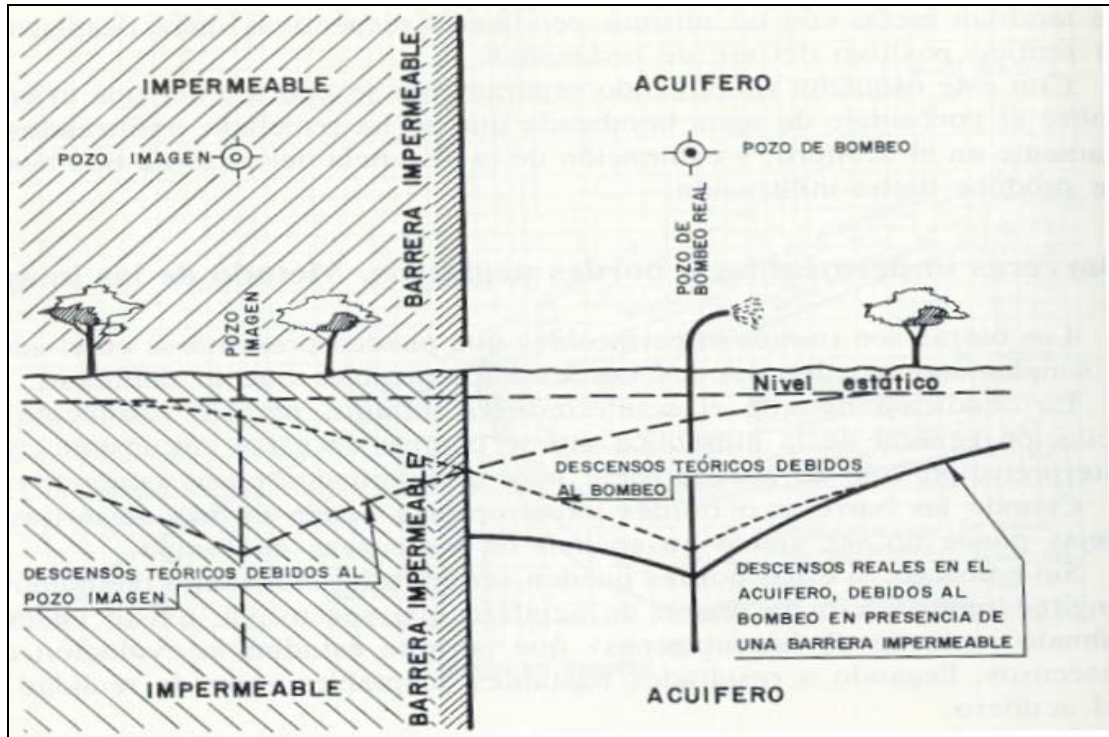


Figura 5.14. Esquema del funcionamiento de un bombeo ante un límite impermeable (Villanueva e Iglesias (1984), pág. 138).

#### 4.4. Características litológicas de los pozos

##### ***Pozo de bombeo (Cuatro caminos)***

0-12 m	arcillas
12-79 m	caliza con pasadas de arcillas esporádicamente
79-81 m	calizas con margas
81-103 m	caliza amarillenta rosada
103-104 m	caliza con margas
104-113 m	marga amarilla con caliza arenosa
113-121 m	margas y arenas
121-123 m	calizas y margas
123-124 m	marga arenosa
124-138 m	arenas y arcillas
138-160 m	margas
160-177 m	arcilla roja marrón
177-184 m	caliza margosa
184-192 m	marga gris
192-201 m	calizas
201-227 m	margas y calizas margosas
227-563 m	sin describir materiales jurásicos

##### ***Pozo de observación***

0 – 12 m	calizas
12 – 20 m	conglomerados
20 – 35 m	calizas
35 – 44 m	calizas y margas
44 – 84 m	margas y arenas
84 – 92 m	calizas y margas
92 – 185 m	margas
185 – 192 m	margocalizas
192 – 203 m	margas
203 – 226 m	margocalizas
226 – 270 m	calizas
270 – 305 m	calizas margosas
305 – 309 m	margas
309 – 354 m	margocalizas
354 – 364 m	calizas
364 – 378 m	calizas y margas
378 – 417 m	margas grises
417 – 419 m	calizas
419 – 427 m	calizas y margas
427 – 438 m	calizas
438 – 526,5 m	dolomías



## **Características técnicas de los pozos**

### ***Pozo de bombeo (Cuatro caminos)***

Diámetro perforación: (Profundidad en metros y diámetro en milímetros)

0-125 m	660mm
125-267 m	540mm
267-302 m	480mm
302 – 563 m	440mm

Diámetro entubación:

0-175	557/573mm
152-188	500/516mm
188-300	455/473mm
296-456	400/416mm
546-560	339/355mm

Filtros y rejillas:

Tubería ranurada del metro 207-238 y 431-560.

### ***Pozo de observación***

Diámetro perforación: (Profundidad en metros y diámetro en milímetros)

0 – 84 m	675 mm
84 – 175 m	580 mm
175 – 405 m	490 mm
405 – 426 m	470 mm
426 – 526,5 m	330 mm

Diámetro entubación:

0 – 133 m	584/600 mm
133 – 226 m	500/516 mm
226 – 311 m	400/416 mm
311 – 426 m	339/355 mm

Filtros y rejillas:

Rejilla del metro 226 – 293

## **4.5. Estadillos de campo y gráficas descenso-tiempo**

# POZO DE BOMBEO

Pozo de Bombeo .....CUATRO CAMINOS.....

PROVINCIA .....ALBACETE.....

COORDENADAS U.T.M:

Pozo de Observación .....”CERCA DEL PUEBLO”.....

MUNICIPIO .....CARCELÉN.....

X = .....647801.....

Distancia ..... 1.510 m .....

Objeto.....RIEGO..Profundidad ..... 563 m ..

Y = .....4331143.....

PROPIETARIO .....

Tiempo total bombeado .....6:56 horas.....

Z\* = { E = .....  
A = .....  
N = .....880 m.....

GRUPO GENERADOR	MARCA .....	GRUPO MOTOBOMBA	MARCA .....	Naturaleza de la referencia altimétrica .....
	KVA .....		TENSIÓN .....	
	MOTOR .....		TIPO .....	
	POTENCIA .....		POTENCIA .....	
				Altura de la misma sobre el suelo .....

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	PERFORACIÓN		REVESTIMIENTO				OBSERVACIONES	
	De	a	Ø	De	a	Ø		Espesor
	0 – 125 m	660 mm	0 – 175 m	557/573 mm	16 mm		Método de perforación: PERCUSIÓN  Tubería ranurada del metro 207 – 238 y 431 – 560.	
	125 – 267 m	540 mm	152 – 188 m	500/516 mm	16 mm			
	267 – 302 m	480 mm	188 – 300 m	455/473 mm	18 mm			
	302 – 563 m	440 mm	296 – 456 m	400/416 mm	16 mm			
			456 – 560 m	339/355 mm	16 mm			

Comienzo: 17/03/01 Hora : 11:37 h NE: 121°6 m			Terminación: 17/03/01 Hora 18:33 h NE .....			Q(l/s): 98,125	Q <sub>esp</sub> (l/s/m).....
FECHA	HORA	TIEMPO (minutos)	NIVEL (m)	DESCENSO (m)	OBSERVACIONES		
17/03/01	11:37	0	121,600	0			
		2,98	127,440	5,840			
		5,05	129,335	1,895			
		6,05	129,385	0,050			
		10,63	129,445	0,060			
		12,13	129,505	0,060			
		14,05	129,543	0,038			
		16	129,566	0,023			
		19	129,643	0,077			
		24	129,709	0,066			
		29	129,821	0,112			
		36	129,911	0,090			
		46	130,031	0,120			
	12:33	56	130,144	0,113			
		76	130,382	0,238			
		96	130,608	0,226			
		116	130,733	0,125			
	14:03	146	130,959	0,226			
		176	131,141	0,182			
	15:13	216	131,331	0,190			
		256	131,504	0,173			
	16:33	296	131,636	0,132			
	17:33	356	131,824	0,188			
	18:33	416	131,953	0,129			

\* Cota absoluta del suelo: “E”= estimada; “A” = aproximada; “N” = nivelada.

## POZO DE BOMBEO

**Pozo de Bombeo** .....CUATRO CAMINOS.....      **PROVINCIA** .....ALBACETE.....  
**Pozo de Observación** .....”CERCA DEL PUEBLO”.....      **MUNICIPIO** .....CARCELÉN.....  
**Distancia** ..... 1.510 m .....      **Objeto**.....RIEGO..Profundidad ..... 526,5 m  
**PROPIETARIO** .....      **Tiempo total bombeado** .....7 horas.....

**COORDENADAS U.T.M.:**  
**X** = .....646277.....  
**Y** = .....4330703.....  
 $Z^* = \begin{cases} E = ..... \\ A = ..... \\ N = ..... \end{cases}$

**Naturaleza de la referencia altimétrica** .....

**Altura de la misma sobre el suelo** .....

### ENSAYO DE RECUPERACIÓN

Comienzo: 17/03/01 Hora : 18:42 h NE: 121'6 m			Terminación: 17/03/01 Hora 19:49 h NE .....			Q(l/s): 98,125	Q <sub>esp</sub> (l/s/m).....
FECHA	HORA	TIEMPO (minutos)	(t <sup>2</sup> +t) / t'	NIVEL (m)	DESCENSOS (m)	OBSERVACIONES	
17/03/01	18:42	0					
		0,13		130,893	9,293		
		3,00		125,117	3,517		
		13,00		124,900	3,300		
		16,80		124,755	3,155		
		25,50		124,472	2,872		
		38,23		124,128	2,528		
		48,00		123,901	2,301		
	19:49	156,67		123,741	2,141		
		67,83		123,521	1,921		

\* Cota absoluta del suelo: “E”= estimada; “A” = aproximada; “N” = nivelada.

# POZO DE OBSERVACIÓN

Pozo de Bombeo .....CUATRO CAMINOS..... PROVINCIA .....ALBACETE..... COORDENADAS U.T.M:

Pozo de Observación .....”CERCA DEL PUEBLO”..... MUNICIPIO .....CARCELÉN..... X = .....646200.....

Distancia ..... 1.510 m ..... Objeto.....RIEGO..Profundidad ..... 526,5 m .. Y = .....4330780.....

PROPIETARIO ..... Tiempo total bombeado .....7 horas.....  $Z^* = \begin{cases} E = ..... \\ A = ..... \\ N = .....878 \text{ m}..... \end{cases}$

GRUPO GENERADOR	MARCA .....	GRUPO MOTOBOMBA	MARCA .....	Naturaleza de la referencia altimétrica .....
	KVA .....		TENSIÓN .....	
	MOTOR .....		TIPO .....	Altura de la misma sobre el suelo .....
	POTENCIA .....		POTENCIA .....	

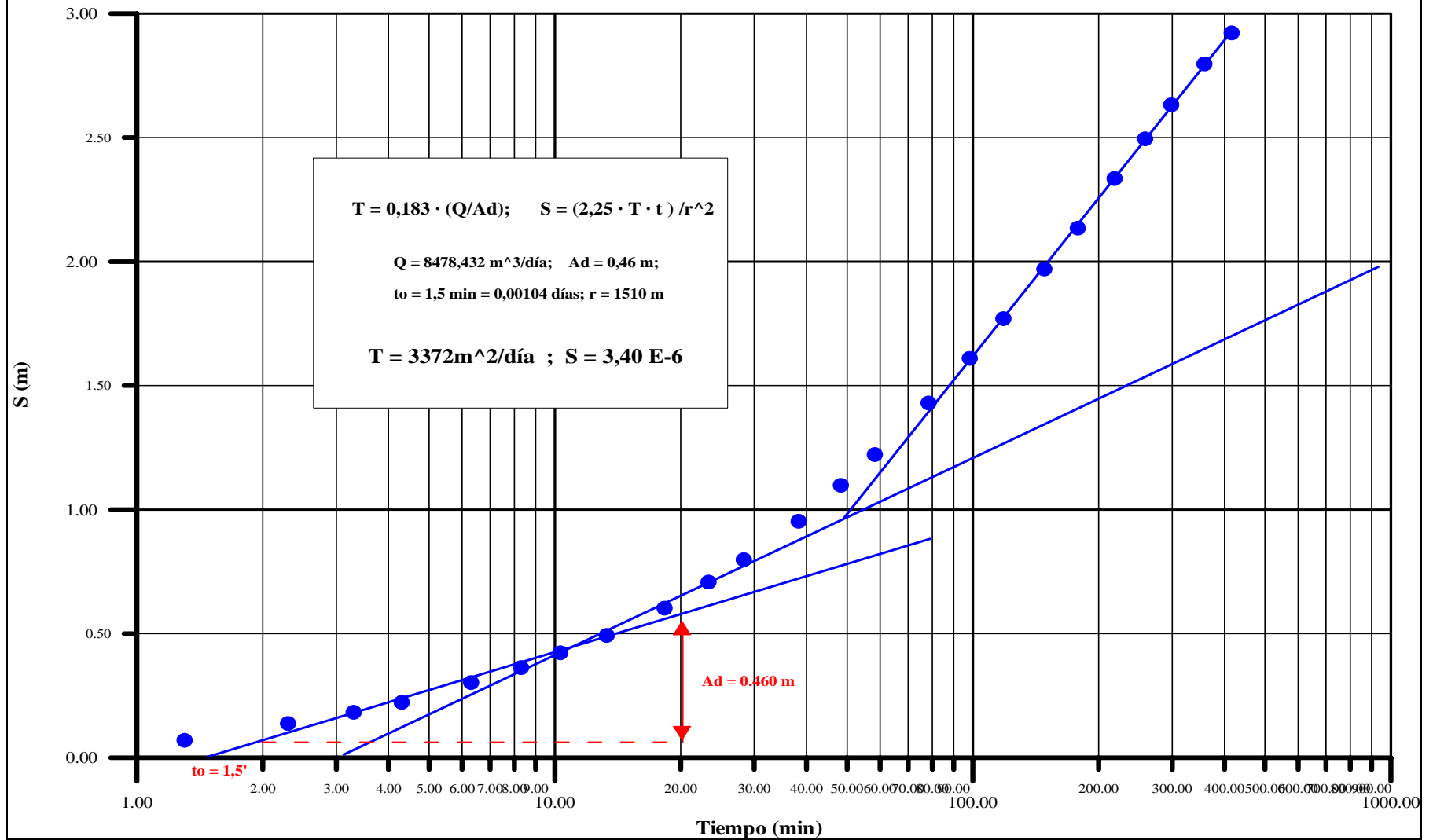
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	PERFORACIÓN		REVESTIMIENTO				OBSERVACIONES
	De	a	De	a	Ø	Espesor	
	Ø					Naturaleza	
	0 – 84 m	675 mm	0 – 133 m	584/600 mm	16 mm		Método de perforación: PERCUSIÓN  Rejilla del metro 226 – 293 m.
	84 – 175 m	580 mm	133 – 226 m	500/516 mm	16 mm		
	175 – 405 m	490 mm	226 – 311 m	400/416 mm	16 mm		
	405 – 426 m	470 mm	311 – 426 m	339/355 mm	16 mm		
	426 – 526,5 m	330 mm					

Comienzo: 17/03/01 Hora : 11:37 h NE: 113'6 m			Terminación: 17/03/01 Hora 18:33 h NE .....		Q(l/s): 98,125	Q <sub>esp</sub> (l/s/m).....
FECHA	HORA	TIEMPO (minutos)	NIVEL (m)	DESCENSO (m)	OBSERVACIONES	
17/03/01	11:37	0	113,600	0		
		1,3	113,670	0,070		
		2,3	113,738	0,068		
		3,3	113,783	0,045		
		4,3	113,823	0,040		
		6,3	113,903	0,080		
		8,3	113,963	0,060		
		10,3	114,023	0,060		
		13,3	114,093	0,070		
		18,3	114,203	0,110		
		23,3	114,308	0,105		
		28,3	114,398	0,090		
		38,3	114,553	0,155		
		48,3	114,698	0,145		
		58,3	114,820	0,122		
	12:55	78,3	115,030	0,210		
		98,3	115,210	0,180		
		118,3	115,370	0,160		
	14:05	148,3	115,570	0,200		
		178,3	115,735	0,165		
	13:15	218,3	115,935	0,200		
		258,3	116,095	0,160		
	16:35	298,3	116,232	0,138		
	17:35	358,3	116,397	0,164		
	18:33	416,0	116,522	0,125		

\* Cota absoluta del suelo: “E”= estimada; “A” = aproximada; “N” = nivelada.

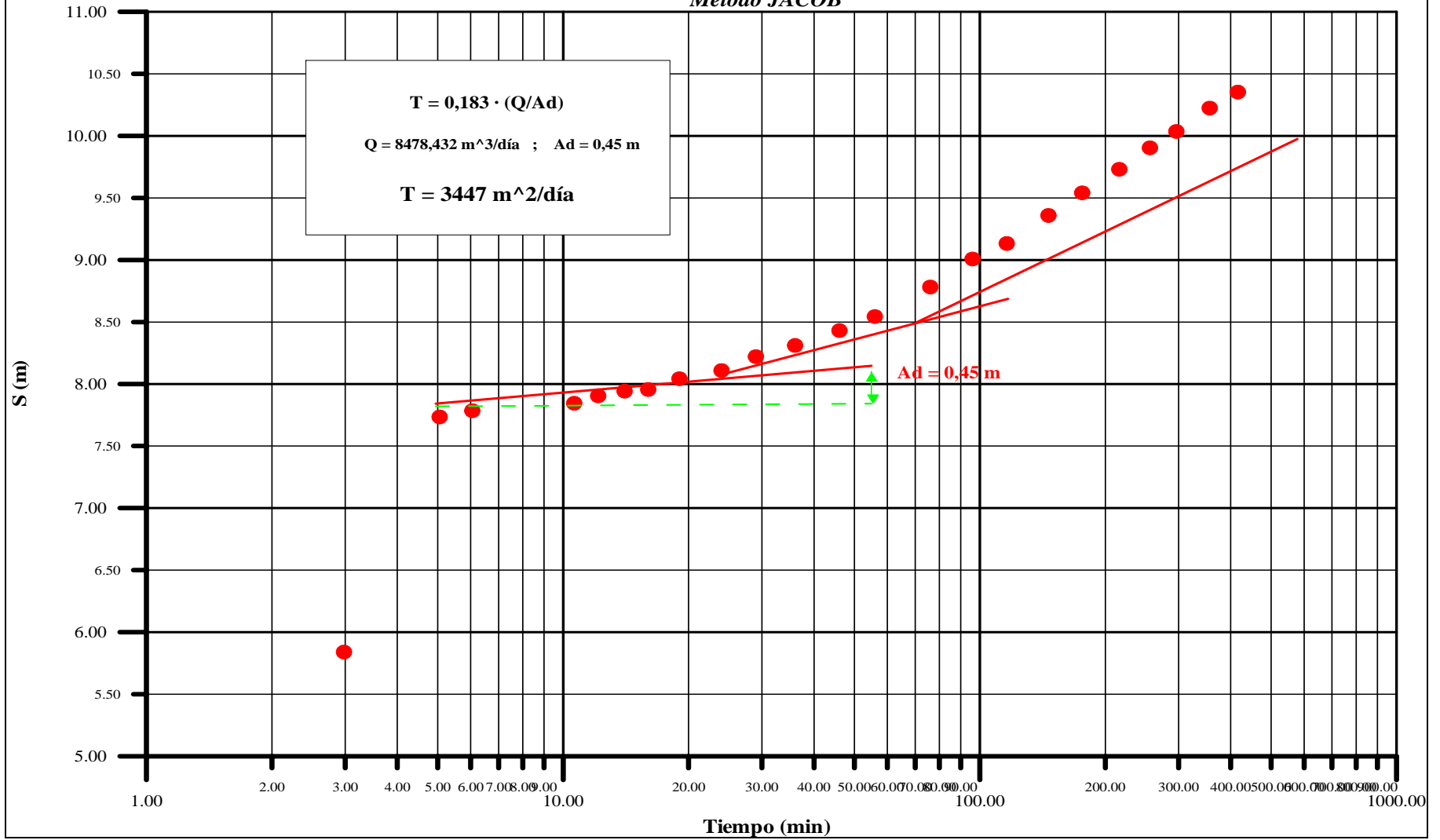
# Pozo de Observación: "Cerca del Pueblo"

*Método JACOB*



# Pozo de bombeo: "Cuatro Caminos"

Método JACOB





## 5. Zona de ensayo 4

### 5.1. Introducción

La zona de ensayo 4 se emplaza en las proximidades de la localidad de Pozohondo dentro de la hoja topográfica 1:50.000 n° 767 (Figura 5.1; Capítulo 5). Sólo se dispuso de un pozo de bombeo para la realización de la prueba, que se encuentra situado en la margen izquierda de la carretera Pozohondo-Nava de Abajo, en el paraje conocido como Rambla de los Molinos (Figura 5.15).

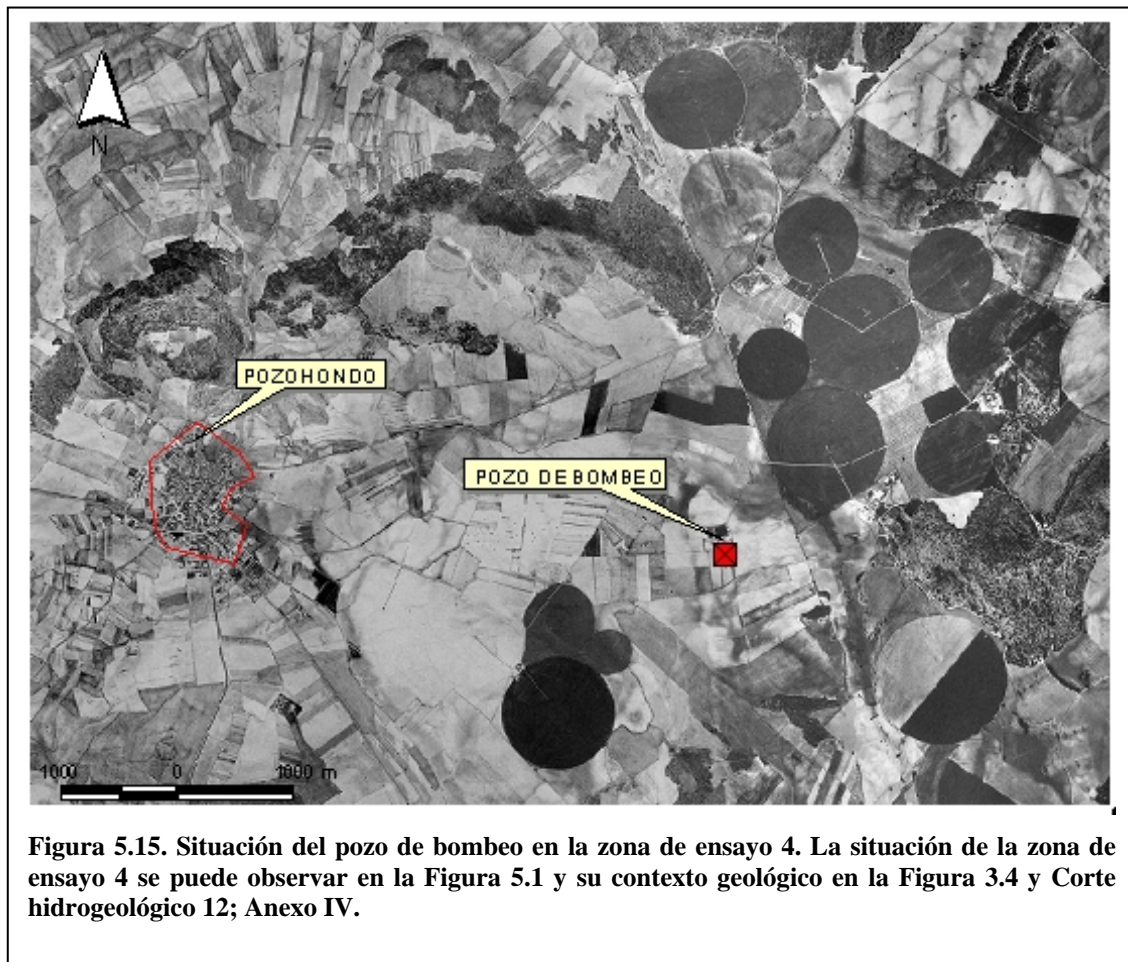


Figura 5.15. Situación del pozo de bombeo en la zona de ensayo 4. La situación de la zona de ensayo 4 se puede observar en la Figura 5.1 y su contexto geológico en la Figura 3.4 y Corte hidrogeológico 12; Anexo IV.



La zona de ensayo 4 se encuentra situada en el Dominio Hidrogeológico Meridional (DHM), concretamente en el bloque Moro-Nevazos. Como se señaló en el Capítulo 3 de esta Tesis Doctoral, esta zona se encuentra delimitada al SO por la falla de Pozohondo, definida por Martín Velázquez *et al.* (1998) (Figura 3.4; Capítulo 3). Este área se caracteriza por una compleja estructura en la cual los materiales acuíferos pueden localizarse a distintas profundidades debido a la existencia de fallas inversas y cabalgamientos que actúan sobre estos materiales.

La unidad acuífera captada en profundidad por este pozo es la del Jurásico medio (UH7). Este acuífero se encuentra muy fracturado y fallado, de modo que es posible identificar compartimentos limitados por bordes impermeables. Esta circunstancia implica la desconexión de los diferentes compartimentos pudiéndose dar la paradoja de tener pozos cercanos de similares características uno con agua y el otro seco.

## 5.2. Evolución del ensayo

La prueba de bombeo comenzó el día 15 de marzo de 2.001 a las 16:30. El nivel en el pozo de bombeo se encontraba a 224,8 m de profundidad (630,20 m.s.n.m.). El pozo se puso a bombear extrayendo un caudal constante de 75 l/s.

El ensayo se da por finalizado a las 5 horas 40 minutos de bombeo ya que la curva descensos-tiempo parece seguir una tendencia bien definida. Los niveles en el pozo de bombeo, a la finalización del ensayo, se encontraban a 232,52 m de profundidad. A continuación, se efectuaron las medidas de la recuperación durante 80 minutos, quedando los niveles en el pozo de bombeo a 225,35 m de profundidad.

Como en el caso de la zona de ensayo 3, la prueba de bombeo sólo se ha podido interpretar mediante el método de Jacob debido a las distintas alineaciones que presentan los puntos en las gráficas descenso-tiempo. En la Tabla 5.10 se muestran los valores de transmisividad obtenidos. Las graficas de evolución se pueden encontrar al final de este apartado.

JACOB	RECUPERACIÓN
<i>A mano</i>	<i>A mano</i>
T (m <sup>2</sup> /día)	T (m <sup>2</sup> /día)
860	750

**Tabla 5.10. Resultados obtenidos en la prueba de bombeo en la zona de ensayo 4.**

### 5.3. Discusión

En la gráfica de descensos-tiempo obtenida en el pozo de bombeo se observan varias alineaciones bien definidas. Al igual que en la zona de ensayo 3, la verdadera transmisividad del acuífero se obtiene de la primera pendiente de la recta mientras que, las demás pendientes estarían producidas por los descensos provocados al llegar el cono de bombeo al borde impermeable (fallas). Por tanto, la transmisividad real del acuífero en el entorno del pozo de bombeo es de unos 800 m<sup>2</sup>/día.

### 5.4. Estadillos de campo y gráficas descenso-tiempo

Pozo de Bombeo .....POZOHONDO..... PROVINCIA .....ALBACETE..... COORDENADAS U.T.M:

Pozo de Observación ..... MUNICIPIO .....POZOHONDO..... X = .....598550.....

Distancia..... Objeto.....RIEGO..Profundidad ..... 290 m .. Y = .....4286050.....

PROPIETARIO ..... D. ISIDRO GALIANO ..... Tiempo total bombeado .....5:40 horas..... E = .....  
Z\* = A = .....845 m.....  
N = .....

GRUPO GENERADOR	MARCA .....	GRUPO MOTOBOMBA	MARCA .....	Naturaleza de la referencia altimétrica .....
	KVA .....		TENSIÓN .....	
	MOTOR .....		TIPO .....	Altura de la misma sobre el suelo .....
	POTENCIA .....		POTENCIA .....	

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	PERFORACIÓN		REVESTIMIENTO				OBSERVACIONES
	De	a	De	a	Ø	Espesor	
	Ø					Naturaleza	

Comienzo: 15/03/01 Hora : 16:30 h NE: 224,8 m			Terminación: 15/03/01 Hora 22:10 h NE .....			Q(l/s): 74,77	Q <sub>esp</sub> (l/s/m).....
FECHA	HORA	TIEMPO (minutos)	NIVEL (m)	DESCENSO (m)	OBSERVACIONES		
15/03/01	16:30	0	224,800	0	Los pozos de observación situados, aproximadamente, a 250 m y 300 m del pozo del bombeo, de niveles estáticos: 230 m y 228 m, no han variado su nivel durante el bombeo.		
		4,42	228,490	3,690			
		4,85	228,645	0,155			
		9,33	228,890	0,245			
		12,08	229,037	0,147			
		15,00	229,155	0,118			
		20,06	229,360	0,205			
		25,00	229,466	0,106			
		30,06	229,593	0,127			
		40,00	229,857	0,264			
	17:30	50,00	230,062	0,205			
		60,00	230,236	0,174			
		80,00	230,579	0,348			
		100,00	230,849	0,270			
	18:30	120,00	231,064	0,215			
		150,00	231,374	0,310			
	19:30	180,00	231,639	0,265			
		220,00	231,910	0,271			
		260,00	232,191	0,281			
	21:30	300,00	232,376	0,185			
	22:10	340,00	232,518	0,142			

\* Cota absoluta del suelo: "E"= estimada; "A" = aproximada; "N" = nivelada.

## POZO DE BOMBEO

**Pozo de Bombeo** .....POZOHONDO..... **PROVINCIA** .....ALBACETE..... **COORDENADAS U.T.M.:**  
**Pozo de Observación** ..... **MUNICIPIO** .....POZOOHONDO..... **X =** .....598550.....  
**Distancia**..... **Objeto**.....RIEGO..Profundidad ..... 290 m .. **Y =** .....4286050.....  
**PROPIETARIO** .....D. ISIDRO GALIANO..... **Tiempo total bombeado** .....5:40 horas..... **E =** .....  
**Z\*** = **A =** .....  
**N =** .....

**Naturaleza de la referencia altimétrica** .....

**Altura de la misma sobre el suelo** .....

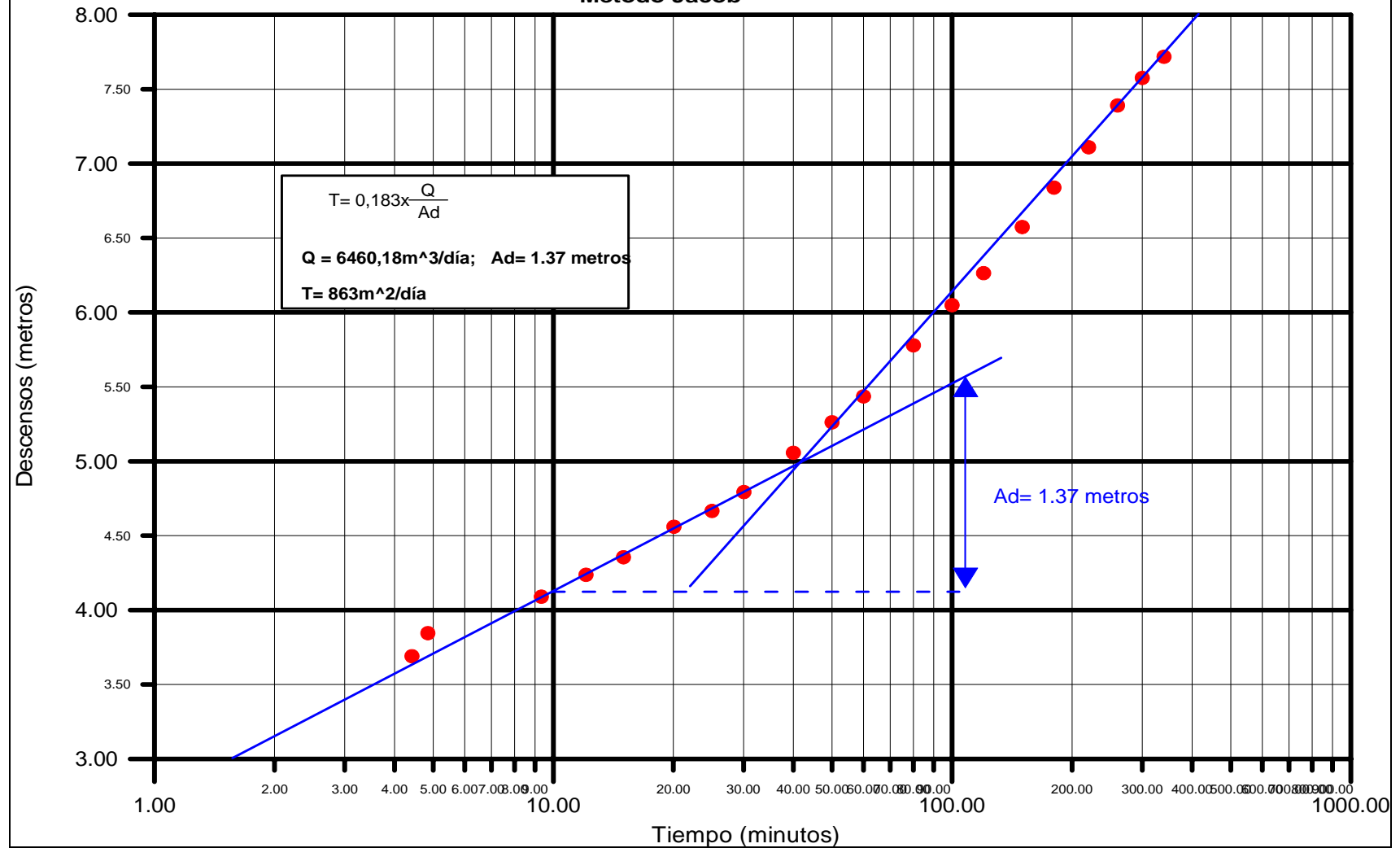
### ENSAYO DE RECUPERACIÓN

Comienzo: 15/03/01 Hora : 22:20 h NE: 224,8 m			Terminación: 15/03/01 Hora 23:41 h NE .....			Q(l/s): 74,77	Q <sub>esp</sub> (l/s/m).....
FECHA	HORA	TIEMPO (minutos)	(t <sup>2</sup> +t) / t'	NIVEL (m)	DESCENSOS (m)	OBSERVACIONES	
15/03/01	22:20	0					
		1,32		231,568	6,768		
		6,58		226,478	1,678		
		20,65		226,210	1,410		
		24,73		226,078	1,278		
		30,78		225,917	1,117		
		36,60		225,806	1,006		
		44,73		225,702	0,902		
		54,70		225,586	0,786		
		69,75		225,451	0,651		
	23:41	81,00		225,358	0,558		

\* Cota absoluta del suelo: “E”= estimada; “A” = aproximada; “N” = nivelada.

# Ensayo de Bombeo Pozohondo

## Metodo Jacob





## **ANEXO VI. PIEZOMETRÍA Y SECUENCIA DE PRECIPITACIONES**

---





## **ÍNDICE**

-Planos de isopiezas. (Figuras 6.14 a 6.19)

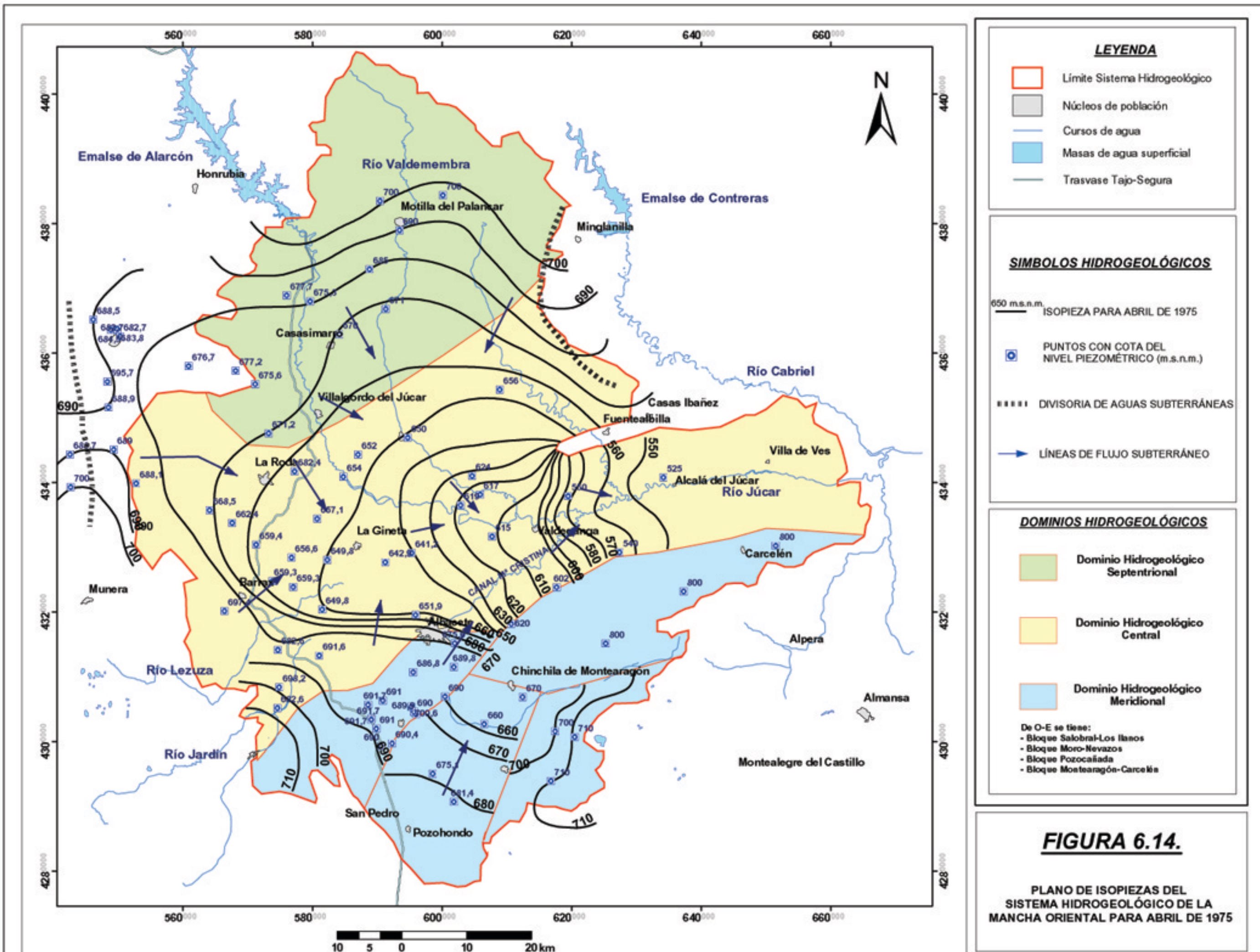
-Secuencias de precipitaciones y gráficos de precipitación desviaciones acumuladas. (Figuras 6.20 a 6.26).



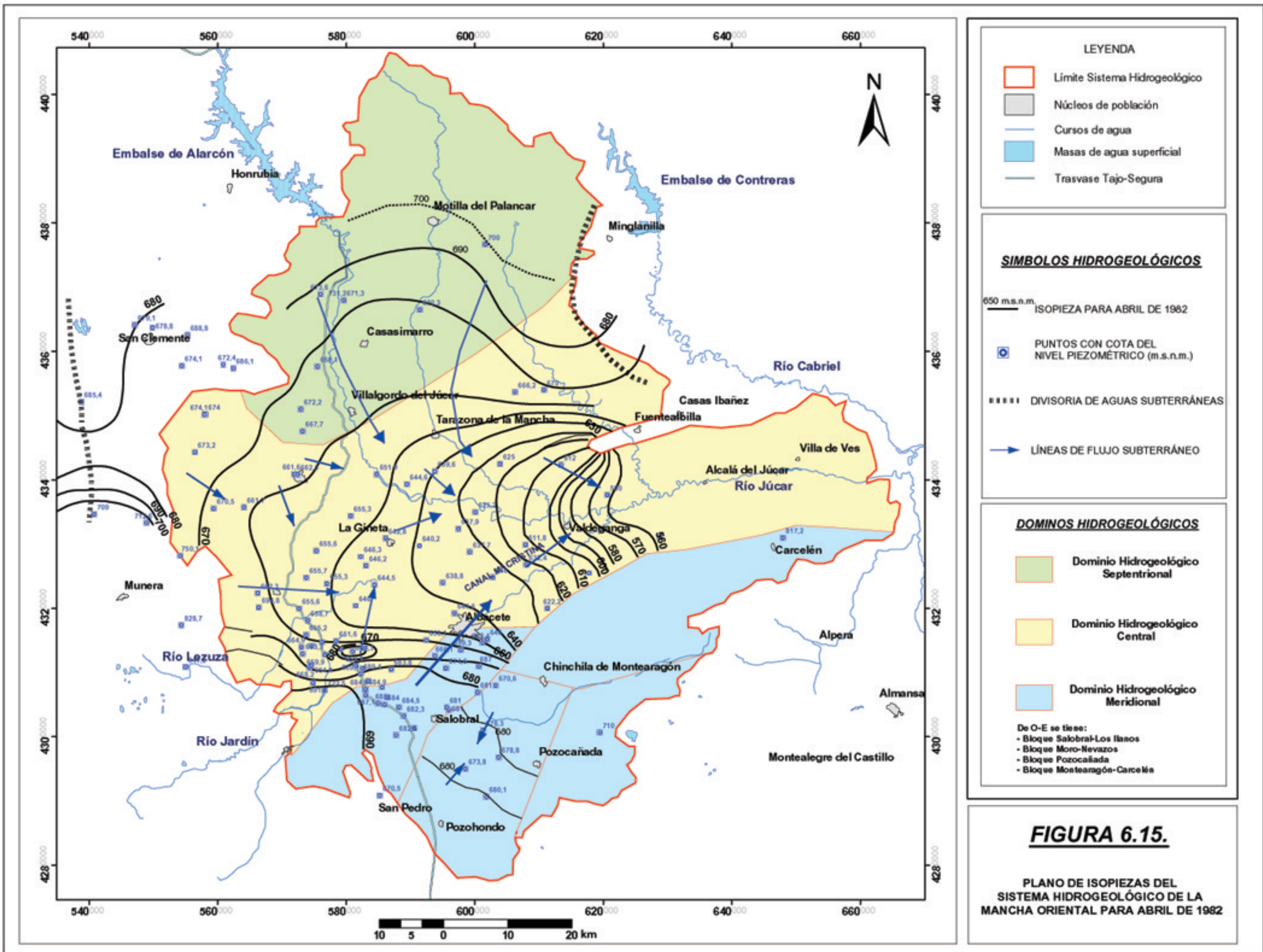
## **PLANOS DE ISOPIEZAS**

---

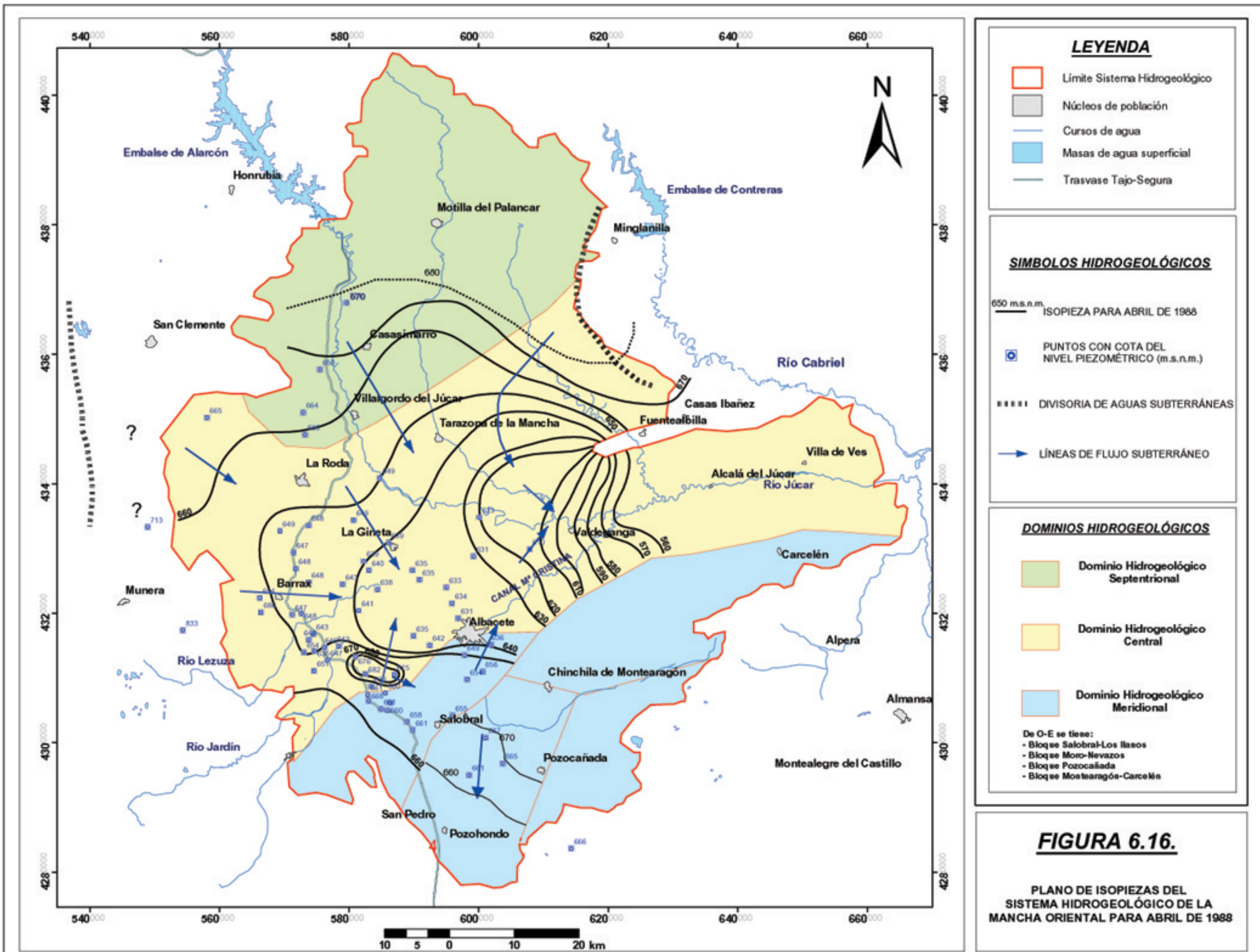




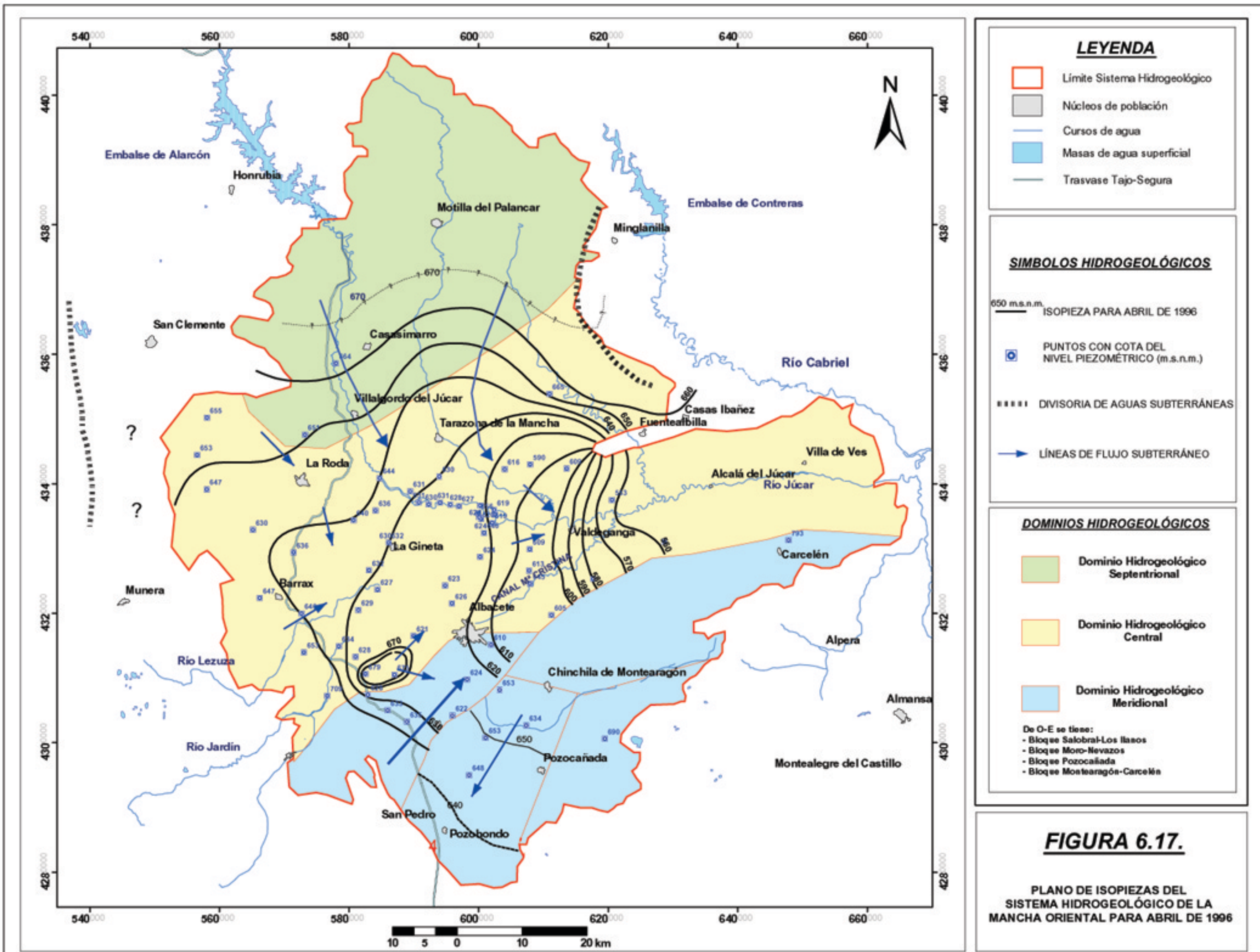




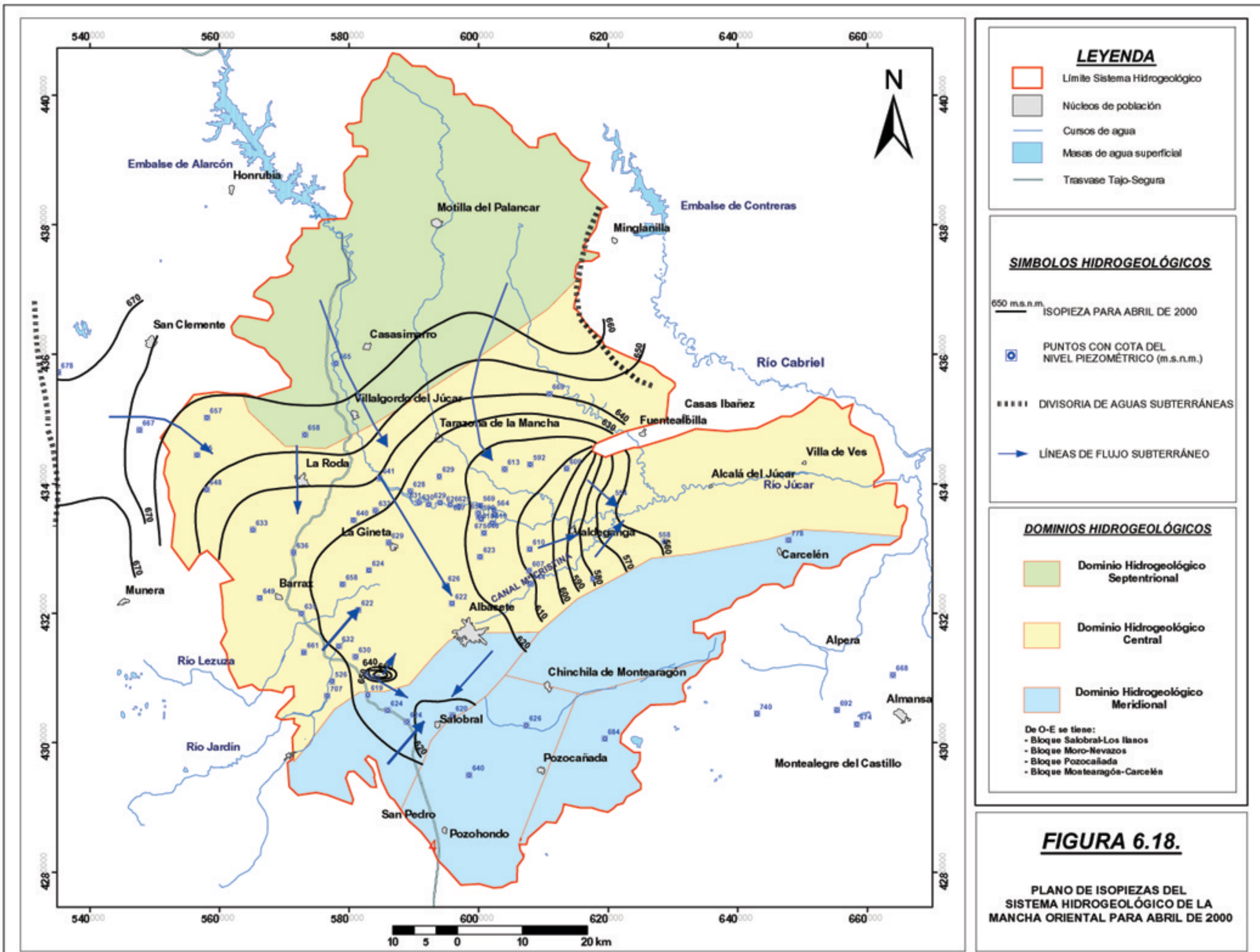








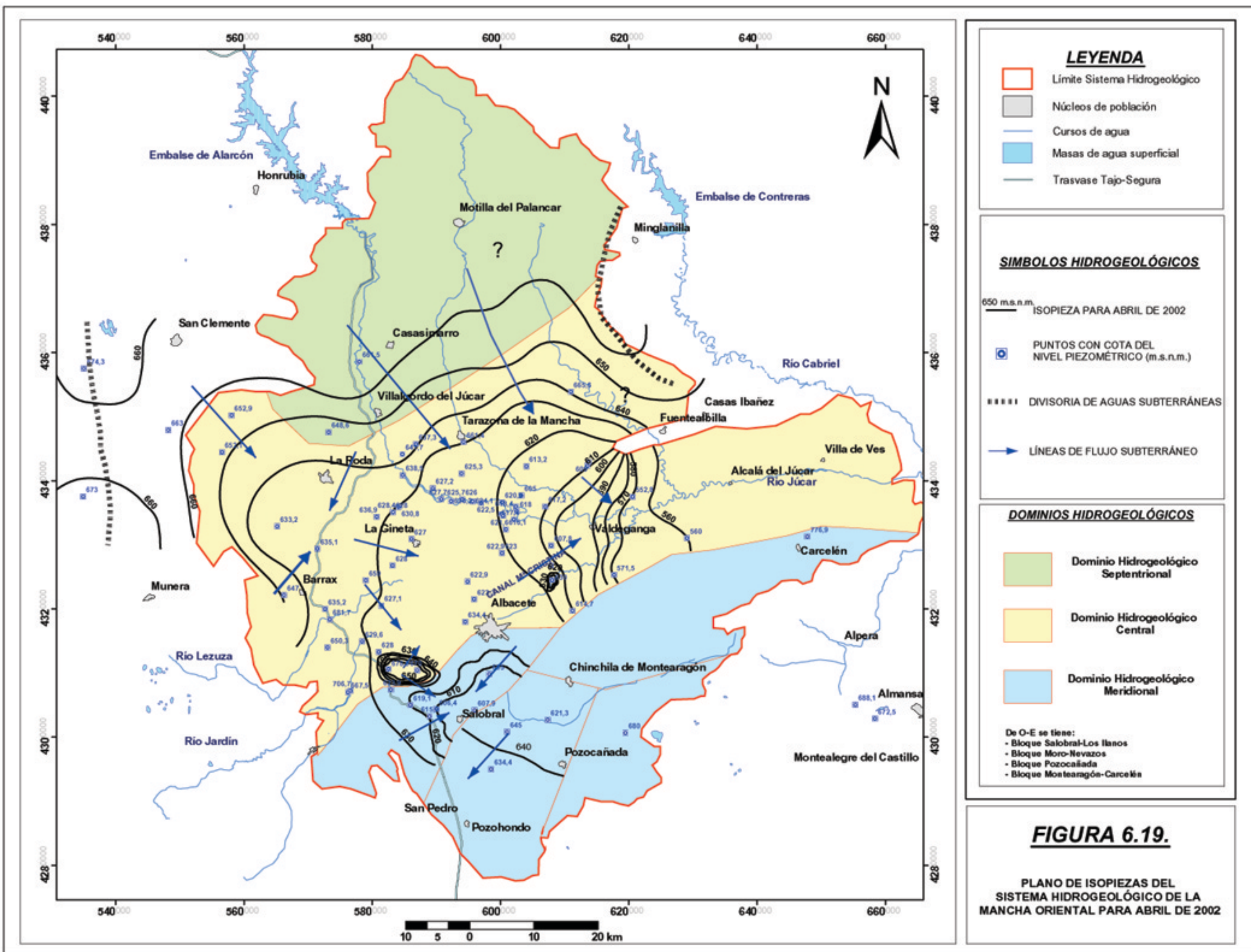




**FIGURA 6.18.**

PLANO DE ISOPIEZAS DEL SISTEMA HIDROGEOLÓGICO DE LA MANCHA ORIENTAL PARA ABRIL DE 2000

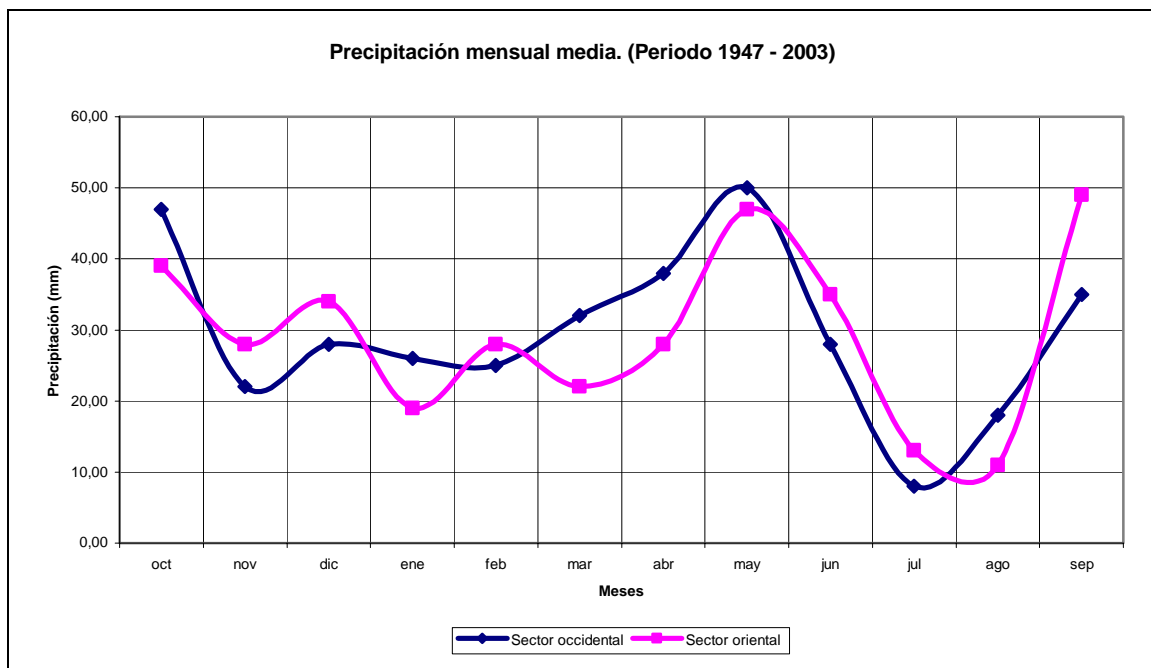




## **SECUENCIAS DE PRECIPITACIONES**

---

El clima en la Mancha Oriental es templado mediterráneo de matiz continental y se caracteriza por que los veranos son secos y las precipitaciones poco abundantes, con máximo de precipitaciones en primavera (parte occidental) y otoño (parte oriental) y en menor medida en invierno (Figura 6.20). La continentalidad es acusada, con veranos calurosos (temperaturas medias mensuales superiores a 22°C) e inviernos fríos (temperaturas medias mensuales inferiores a 6°C) y gran oscilación diaria. (www.albacete.org).



**Figura 6.20. Precipitación mensual media en la zona de estudio.**

La precipitación media es de 350 mm/año, variando de 280mm/año en el sur de la localidad de Albacete y 550mm/año en la norte de la región estudiada. Los años más secos la precipitación media fue del orden de 150mm/año (muy habitual), y 750mm/año los años húmedos. El grado de insolación es elevado, con una media de 2.800 horas de sol al año, con una evapotranspiración media de 750 mm.

Se realiza a continuación un análisis de las precipitaciones históricas desde 1947 hasta 2002. El objetivo de este análisis radica en caracterizar los periodos de sequía y su relación con la evolución de los niveles de aguas subterráneas (Capítulo 6). La sequía se puede considerar como la disminución de las precipitaciones de una región respecto del

valor normal en un periodo de tiempo, siendo un rasgo normal y recurrente del clima en países semiáridos.

Existen tres tipos de conceptos para años climáticos:

- Años Naturales: Periodo de tiempo entre 1 de enero y 31 de diciembre.
- Año Agrícola o Meteorológico: Periodo de tiempo entre 1 de septiembre y 31 de agosto del año siguiente.
- Año Hidrológico: Periodo de tiempo entre 1 de octubre y 31 de septiembre del año siguiente.

En este estudio, el análisis de las precipitaciones se realizará para los años hidrológicos, debido a que a finales de septiembre (fin del estiaje) la reserva de agua en el suelo sugiere el valor mínimo por lo que facilita enormemente la realización de balances. La tendencia es semejante a los años agrícolas y/o meteorológicos con los naturales desfases debido a los diferentes intervalos de tiempo que comprende cada uno.

Entre las estaciones pluviométricas controladas por el Instituto Nacional de Meteorología en el ámbito del Sistema Hidrogeológico de la Mancha Oriental se han elegido 5 estaciones (Motilla del Palancar, Minglanilla, Villagarcía del Llano, La Roda, Albacete y Bonete) (véase su distribución espacial en la Figura 6.1). Los motivos de la elección se basan por un lado en el número de datos y por otro su situación geográfica respecto a la medida de las precipitaciones.

Los datos de precipitación mensual utilizados se han obtenido de los informes “Estudio de la explotación de aguas subterráneas en el acuífero de la Mancha Oriental y su influencia sobre los caudales del río Júcar”, DGOH (1988) y “Estudio de seguimiento del impacto de las extracciones de aguas subterráneas en los acuíferos de la Mancha Oriental y los caudales del río Júcar”, DGOH, (1993) para los años 1946/47 – 1991/92, del Servicio de Asesoramiento de Riegos de Albacete (SARA) [www.dipualba.es](http://www.dipualba.es), y los facilitados por el Instituto Nacional de Meteorología para los años 1990/91–2000/01.

En total se dispone de una serie histórica que comprende el periodo de tiempo entre 1947 – 2002. En los gráficos 6.21 a 6.26 de este Anexo se muestran los datos de precipitación correspondientes a las estaciones analizadas, así como la desviación respecto a la media.

Las precipitaciones medias de las estaciones seleccionadas se encuentran entre los 382 mm de la estación de Albacete-Los Llanos y los 530 mm obtenidos en la estación de Minglanilla.

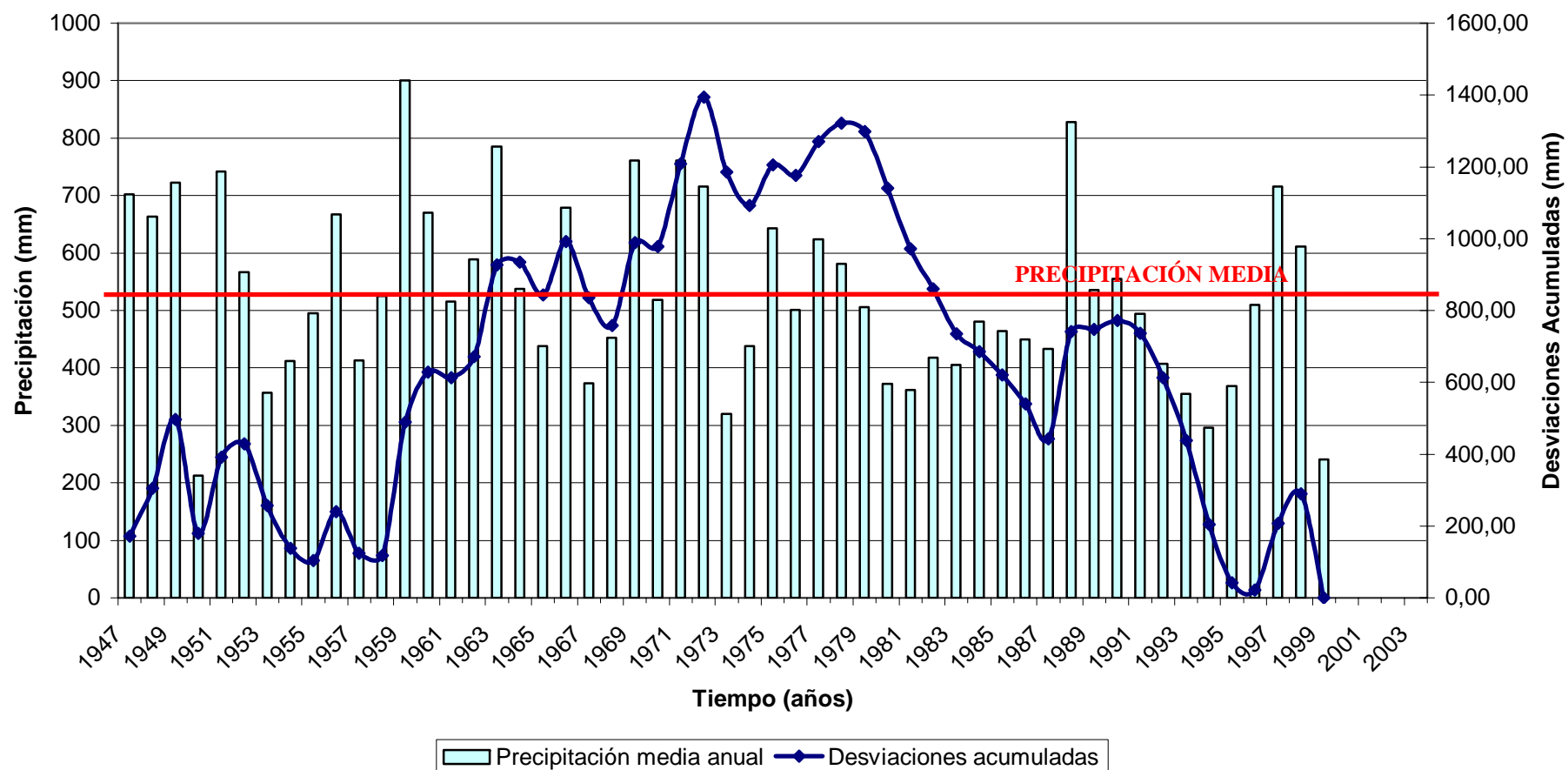
Los valores mínimos de precipitación se obtuvieron en el año hidrológico 1949-1950 con valores comprendidos entre 115 mm en la estación de Motilla del Palancar y los 213 mm de la estación de Minglanilla. Desde los años 70 hasta la actualidad el valor mínimo de precipitación se dio en los años 1993/1994 y 1994/ 1995. Los valores oscilan entre los 151 mm de la estación de La Roda y los 296 mm de la estación de Minglanilla.

Por otro lado los valores máximos de precipitación se dan en el año hidrológico 1958/1959. Los valores oscilan entre los 900 mm de la estación de Minglanilla y los 600 mm de la estación de Albacete. Desde 1970 hasta 2002 los valores máximos de precipitación se obtuvieron en el año hidrológico 1996–1997. Los valores se encontraban dentro de un rango comprendido entre 527 mm de la estación de Albacete y 716 mm de la estación de Minglanilla.

Los gráficos de desviaciones acumuladas muestran tres grandes tendencias generales. La primera presenta una pendiente negativa, que aunque no se conoce su origen debido ausencia de datos (anteriores a 1944/47), finaliza a mediados de los años 50. En este punto la pendiente se convierte en positiva hasta 1977/78. A partir de entonces se observa una secuencia negativa con periodos medios que se reflejan hasta la actualidad.

A la vista de los valores de precipitación, las gráficas de desviaciones acumuladas y la agrupación de las secuencias secas en las estaciones elegidas se observa que las importantes pulsaciones meteorológicas afectan por igual a la zona de estudio, probablemente por la marcada continentalidad de la región. Siendo por tanto las variaciones pluviométricas de carácter orográfico no siendo la precipitación un fenómeno aleatorio.

**DESVIACIONES ACUMULADAS Y PRECIPITACIONES. ESTACIÓN MOTILLA DEL PALANCAR  
PERIODO 1947-1999. Año Hidrológico**



**Figura 6.21. Desviaciones acumuladas y precipitación. Estación Motilla de Palancar (N° 08155). Periodo 1946/47 – 1999/00**

# DESVIACIONES ACUMULADAS Y PRECIPITACIONES. ESTACIÓN MINGLANILLA. PERIODO 1947-1999

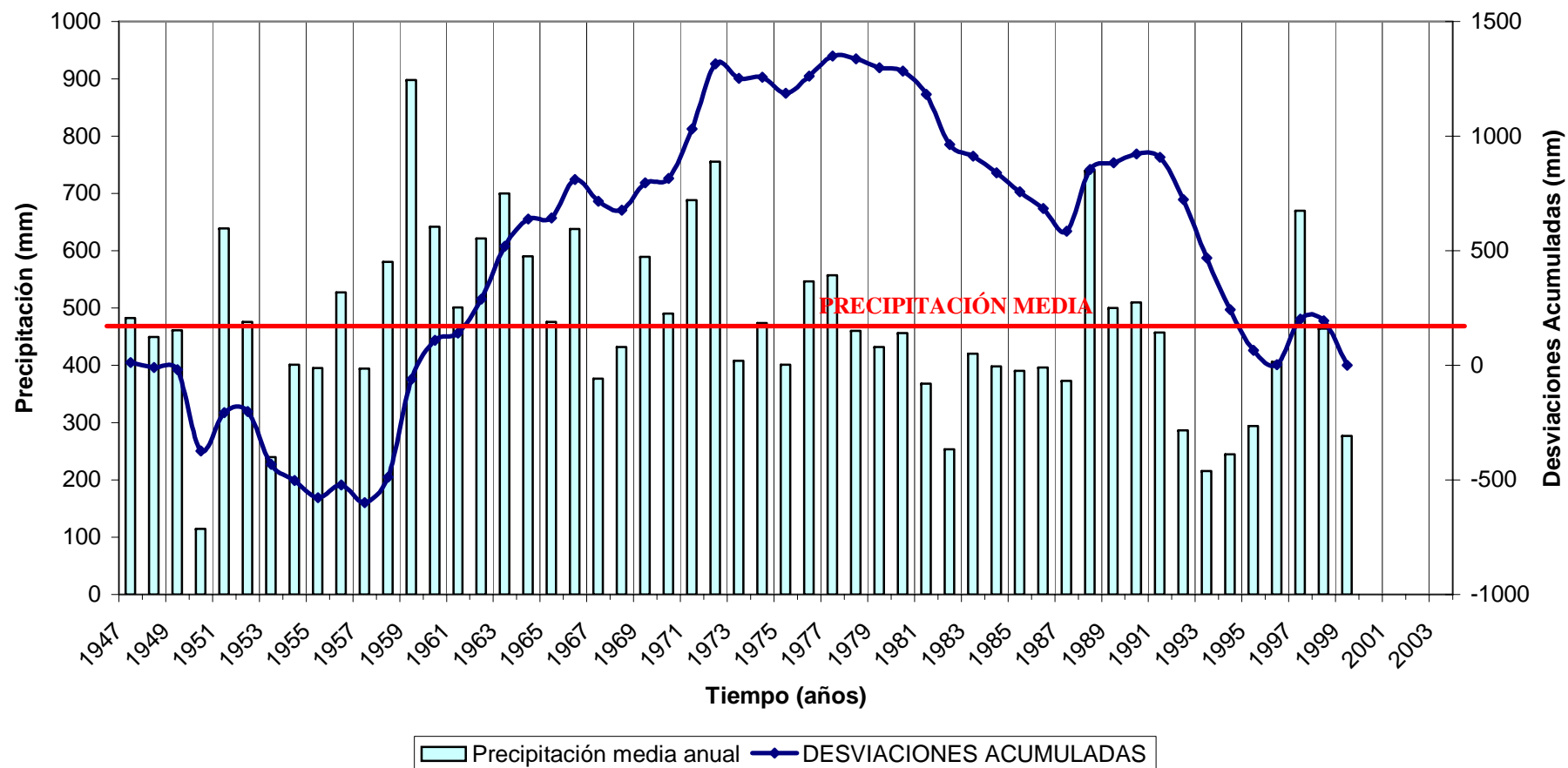
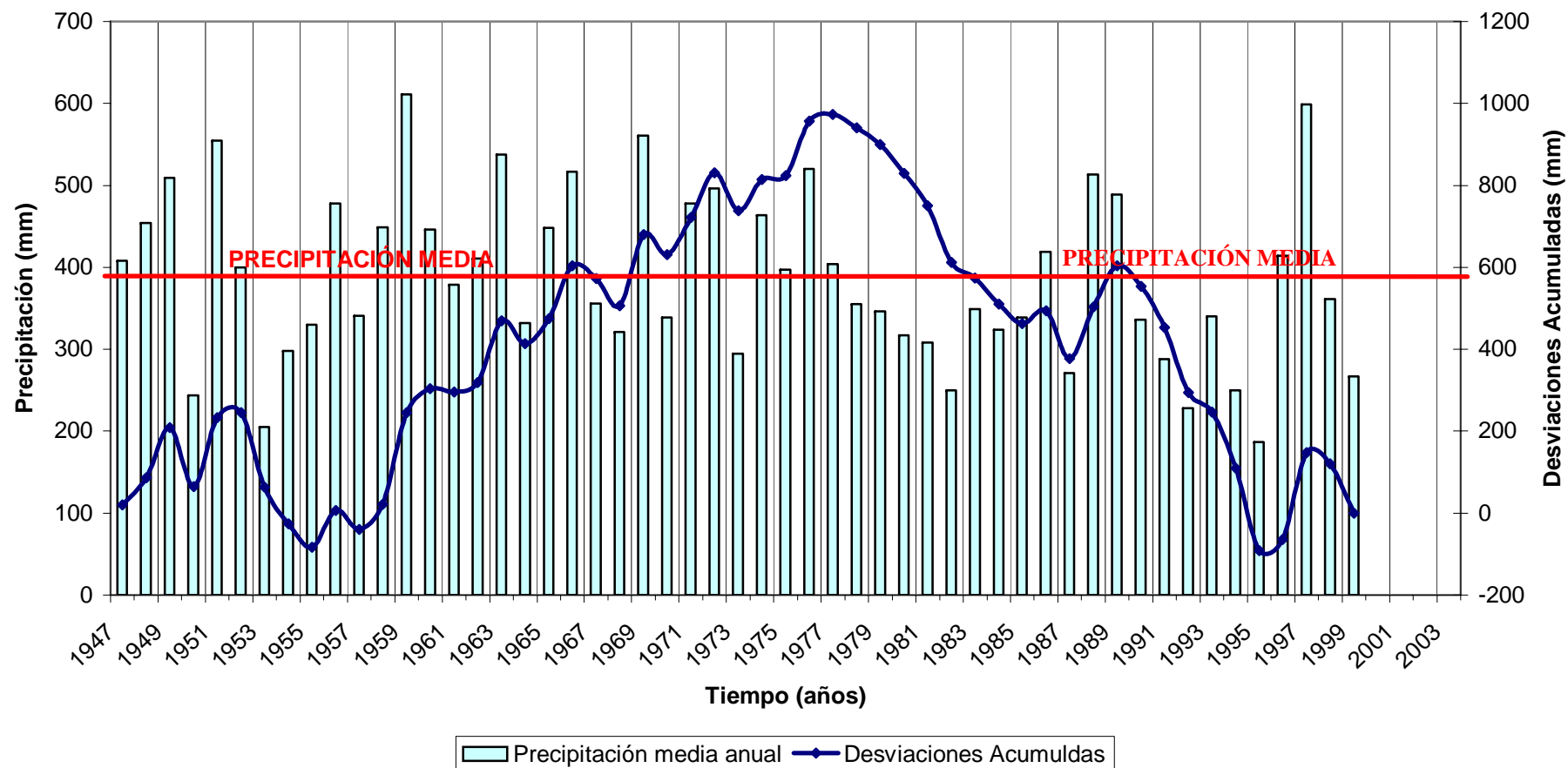


Figura 6.22. Desviaciones acumuladas y precipitación. Estación Minglanilla. (N° 08252). Periodo 1946/47 – 1999/00

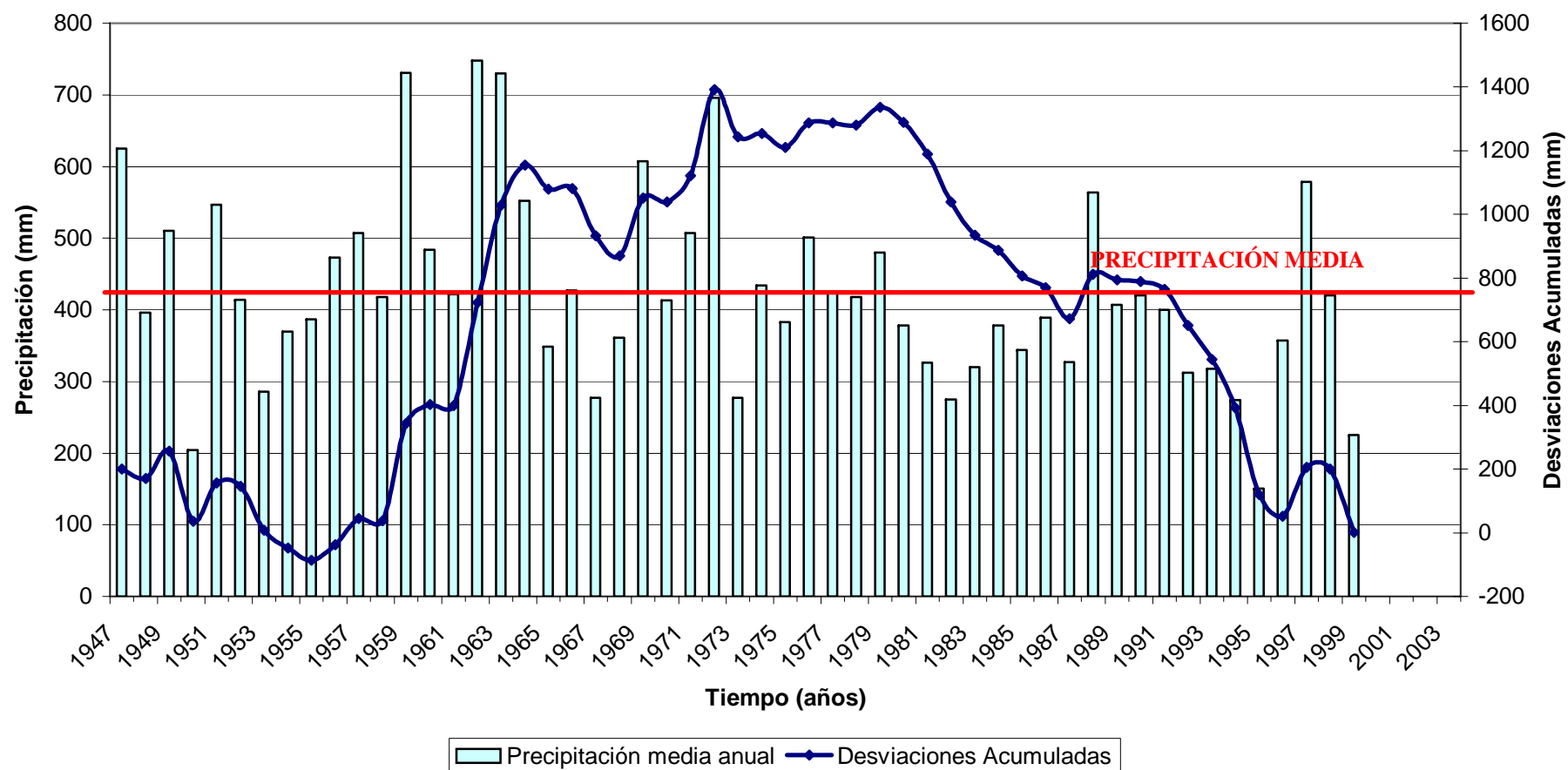


**DESVIACIONES ACUMULADAS Y PRECIPITACIONES. ESTACIÓN LA RODA. PERIODO 1947 -  
1999. Año Hidrológico**



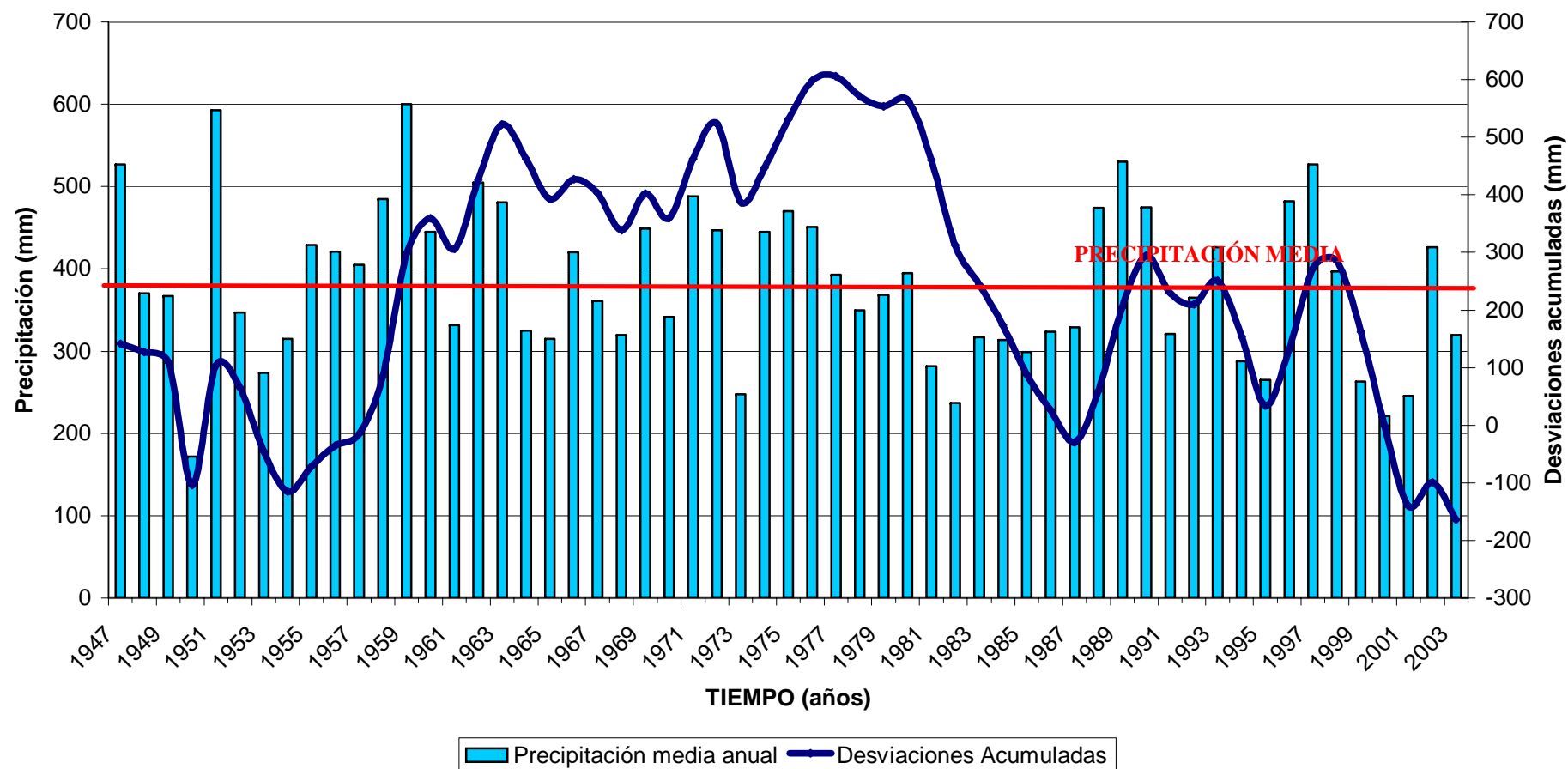
**Figura 6.23. Desviaciones acumuladas y precipitación. Estación La Roda. (N° 08152). Periodo 1946/47 – 1999/00**

**DESVIACIONES ACUMULADAS Y PRECIPITACIÓN. ESTACIÓN VILLAGARCÍA DEL LLANO.  
PERIODO 1947 - 1999. Año Hidrológico.**



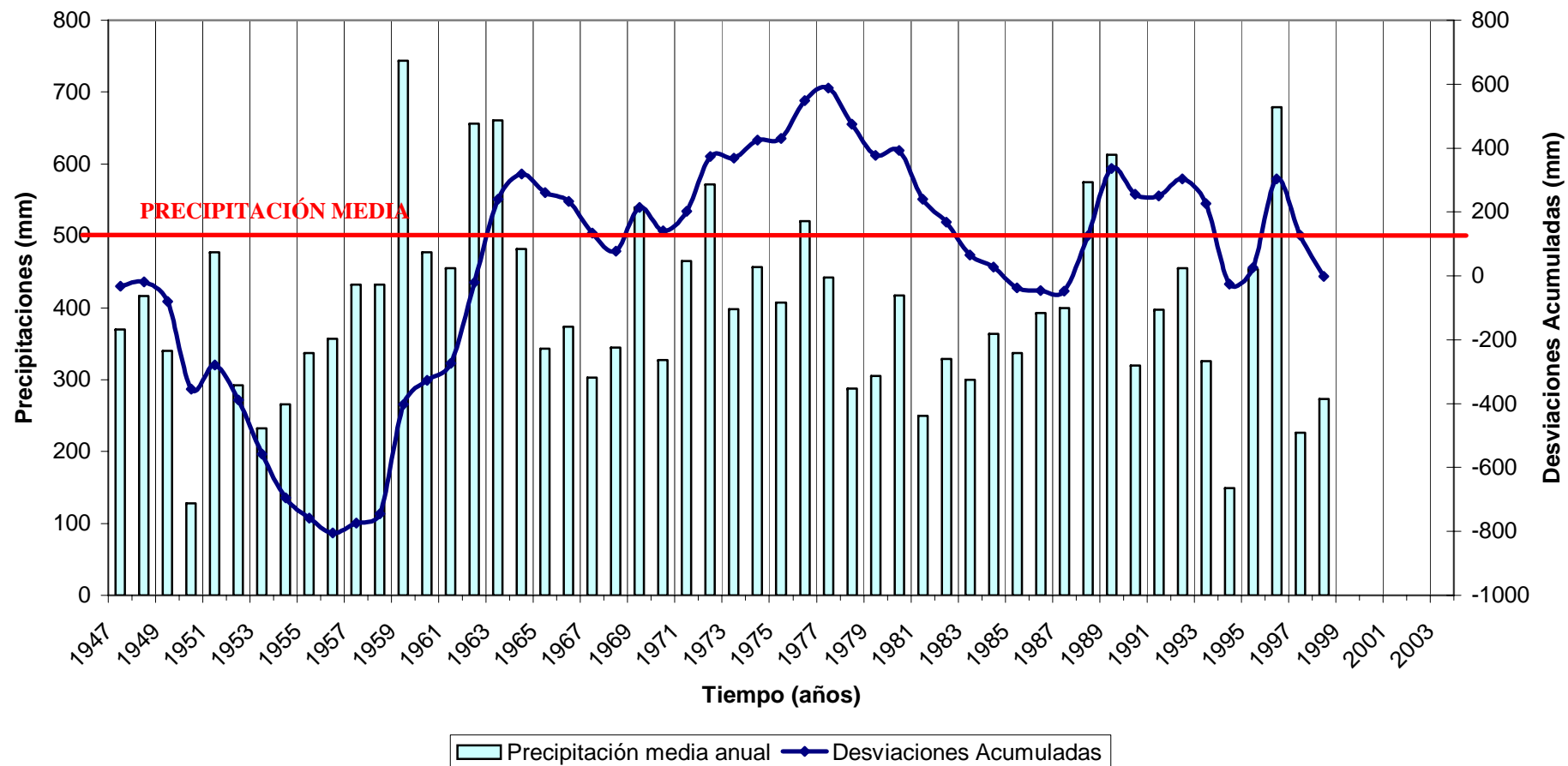
**Figura 6.24. Desviaciones acumuladas y precipitación. Estación Villagarcía del Llano. (N° 08161). Periodo 1946/47 – 1999/00**

**DESVIACIONES ACUMULADAS Y PRECIPITACIONES. ESTACIÓN ALBACETE - LOS LLANOS.  
PERIODO 1947-2003. Año Hidrológico**



**Figura 6.25. Desviaciones acumuladas y precipitación. Estación Albacete – Los Llanos. (N° 08175). Periodo 1946/47 – 2002/03**

**DESVIACIONES ACUMULADAS Y PRECIPITACIONES. ESTACIÓN BONETE. PERIODO 1947 - 1999.**  
**Año Hidrológico**



**Figura 6.26. Desviaciones acumuladas y precipitación. Estación Bonete. (N° 07268). Periodo 1946/47 – 1999/00**

